

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Koulutilojen sähköistyksen energiatehokkaat esimerkkiratkaisut

Jouni Apukka

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Sähkövoimatekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2012

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Jouni Apukka
Opinnäytetyön nimi	Koulutilojen sähköistuksen energiatehokkaat esimerkkiratkaisut
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	22.5.2012
sivumäärä	60 + 21 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Jaakko Etto
Yritys	ISS Palvelut Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Projektipäällikkö Rauno Honkanen

Tämän opinnäytetyön aiheena oli koulutilojen energiatehokas sähkösuunnittelu. Työ tehtiin ISS Palvelut Oy:n toimeksiannosta.

Tehtävänä oli suunnitella koulujen eri tiloista esimerkkiratkaisut sähköistyksestä ja tietoteknisistä järjestelmistä. Työ painottui valaistuksen energiatehokkuuteen, ja siitä saataviin säästöihin energiakustannuksissa. Tavoitteena oli suunnitella koulun tiloihin energiaa säästävät valaistusratkaisut ja käyttötarkoituksiin sopivat valaistuksen ohjausjärjestelmät. Valaistuksen energiakulutuksen osalta tutkittiin ohjaustapoja ja niiden vaikutusta energiankulutukseen tilakohtaisesti. Lisäksi työssä tutkittiin koulujen tietoliikenne-, paloturvallisuus-, kulunvalvonta-, kameravalvonta ja rikosilmoitinjärjestelmiä.

Tutkimusmenetelminä tässä työssä käytettiin kirjallisuutta sekä valaistukseen keskittyvien yritysten suosituksia. Työn tuloksena koulun tiloista laadittiin valaistuksen esimerkkiratkaisut käyttäen DIALux -valaistuksensuunnitteluohjelmaa. Sähköistykseen, sekä tietoteknisiin järjestelmiin kuvat laadittiin CADS Planner -sähkösuunnitteluohjelmalla.

Lopputuloksena laadittiin tavoitteen mukaiset esimerkkiratkaisut koulutilojen sähköistyksestä ja valaistuksesta sekä valaistuksen osalta energiansäästölaskelmat.

Asiasanat: sähkösuunnittelu, valaistussuunnittelu, energiatehokkuus.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Jouni Apukka
Title	Examples of using energy efficiently in school facilities
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	22 May 2012
Pages	60 + 21 appendixes
Instructor	Jaakko Etto, MSc, (El.Eng)
Company	ISS Facility Services Ltd.
Contact Person/Supervisor from Company	Rauno Honkanen, Project Manager

The meaning of this thesis was the electrification of the school by using energy saving examples.

The task was to make example solutions of electrification- and information technology systems. The thesis focused on energy efficiency in lighting and savings in energy costs. The objective of this thesis was the planning of the energy saving lightning solutions and control systems for the lightning in school. In the thesis, different control systems for the lightning and how the effects of these are shown in the energy consumptions are examined. Information-, fire alarm-, access control- and crime alarm systems in the school have also been studied.

As research methods for the study literature and recommendations from the lightning companies have been used. The example solutions of the lightning in the school facilities were made by using Dialux-lightning design program. Electrical and information technological systems were made by using Cads planner.

The end results of this thesis were the electrification and lightning example solutions for the school facilities.

Keywords: electrical planning, lightning planning, energy efficiency.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	I
ABSTRACT	II
SISÄLLYSLUETTELO	III
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	IV
1. JOHDANTO	1
2. RAKENNUSTEN ENERGIA TEHOKKUUS	2
2.1. Valaistusjärjestelmät	3
2.2. Laitteiden energiamerkinnät	3
2.3. Rakennusten energiatodistukset	5
3. SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	7
4. VALAISTUS	8
4.1. Valonlähteet	10
4.1.1. Hehkulamput	12
4.1.2. Halogeenilamput	13
4.1.3. Pienloistelamput	13
4.1.4. LED-lamput	14
4.1.5. Loistelamput	15
4.1.6. Ulkovalaistuksen valonlähteet	16
4.2. Valaistuksen laatuvaatimukset	18
4.3. Valaistuksen ohjaus	20
4.4. Turvavalistus	24
5. TIETOTEKNISET JÄRJESTELMÄT	26
5.1. Antennijärjestelmä	26
5.2. Yleiskaapelointijärjestelmä	26
5.2.1. Yleiskaapeloinnin rakenne	28
5.2.2. Toimistokiinteistöjen yleiskaapelointi	29
5.2.3. Kaapelit	31
6. PALOTURVALLISUUSJÄRJESTELMÄT	34
6.1. Palovaroitin	34
6.2. Ilmaisimet ja painikkeet	36
6.3. Hälyttimet	37
7. KULUNVALVONTAJÄRJESTELMÄ	38
8. RIKOSILMOITINJÄRJESTELMÄ	40
8.1. Kuorivalvonta	41
8.2. Tilavalvonta	42
9. KOULUTILOJEN ESIMERKKIRATKAISUT	43
9.1. Luokkahuone	43
9.2. ATK- luokka	45
9.3. Toimisto	48
9.4. Käytävät	50
9.5. WC	53
9.6. Kirjasto	54
10. YHTEENVETO	57
11. LÄHDELUETTELO	58
12. LIITELUETTELO	60

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

DIALux	valaistussuunnitteluohjelma
lx	valaistusvoimakkuus
Ra	värintoistoindeksi
Em	valaistusvoimakkuuden huoltoarvo
UGR	häikäisyindeksi

1. JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan koulutilojen valaistusta ja tietoteknisiä ratkaisuja. Energiatehokkuusvaatimukset ovat jatkuvasti tiukentuneet, joten tämä työ toteutettiin painottaen valaistuksen energiatehokkuutta. Valaistuksen suunnittelu toteutettiin DIALux -valaistussuunnitteluohjelmalla.

Työn aiheen antoi ISS Palvelut Oy, joka on Suomen kolmanneksi suurin yksityinen työnantaja ja johtava kiinteistö- ja toimitilapalveluyritys. Aihe valikoitui ISS Palvelut Oy:n tarpeesta suunnitella koulutilojen energiatehokasta valaistusta, jota voidaan yrityksen tulevassa projektissa hyödyntää. Energiatehokkaita valaistusratkaisuja ja tietoteknisten järjestelmien toteutusta on tavoitteena esitellä erilaisilla esimerkkitoteutuksilla

Koulun yleisistä tiloista tehdään valaistuksen ja sähköistyksen esimerkkiratkaisut. Työ rajataan käsittämään yksittäisiä tiloja koulussa. Lisäksi esimerkkiratkaisut tehtiin myös tietoteknisistä järjestelmistä, kulunvalvonnasta sekä palo- ja rikosilmoitinjärjestelmistä.

2. RAKENNUSTEN ENERGIA TEHOKKUUS

Energiatehokkuusdirektiivin (2002/91/EY) tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä parantamalla rakennusten energiatehokkuutta. EU:n jäsenmaat ovat Kioton sopimuksen mukaisesti sitoutuneet vähentämään kasvihuonepäästöjä vuoden 1990 tasosta kahdeksan prosenttia vuosiin 2008-2012 mennessä. Suomen tavoitteeksi on sovittu päästöjen rajoittaminen enintään vuoden 1990 tasolle. Energiankulutus on kuitenkin noussut jatkuvasti, ja EU:ssa rakennusten osuus kulutuksesta on noin 40 prosenttia. Suurimmat kulutukset tapahtuvat valaistuksen, lämmityksen, lämpimän veden sekä jäähdytyksen osalta. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi vaikuttaa sekä uudis- että korjausrakentamiseen./19/

Energiatehokkuusdirektiivi sisältää kolme eri pääaluetta:

- energiatodistuksen käyttöönotto
- energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset
- lämmityskattiloiden ja ilmastolaitteiden määräaikaistarkastukset./19/

Energiatehokkuusdirektiiviä sovelletaan kansallisella tasolla ottamalla huomioon maan ilmasto-olosuhteet, paikalliset olosuhteet, sisäilmastolle asetetut vaatimukset ja kustannustehokkuus./19/

Rakennus ja siihen kiinteästi liittyvät laitteet on suunniteltava ja rakennettava siten, että tarpeetonta energiankäyttöä ja energiahäviöitä rajoitetaan energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Rakennuksen käyttötarkoitus ja toiminnan näkökohdat pyritään ottamaan huomioon jo suunnittelussa, jotta vältetään tarpeettoman suurta vaippapinta-alaa. Tilojen käyttötapa ja sisäiset lämpökuormat otetaan huomioon tilojen ja tilaryhmien sijoittelussa ja suuntaamisessa eri ilmansuuntiin. Ikkunoiden rakenne, koko ja suuntaus suunnitellaan siten, että auringon säteilylämpö ja luonnonvalo voidaan tehokkaasti hyödyntää. Suunnittelussa on otettava huomioon ikkunoiden vaikutukset tilojen liialliseen lämpenemiseen tai vetohaittoihin./4/

2.1. Valaistusjärjestelmät

Valaistusjärjestelmä suunnitellaan ja toteutetaan käyttötarkoituksen mukaan, ja valaistuksen ylläpito tulee olla energiatehokasta. Valaistuksen toteutuksessa tulee ottaa huomioon tarkoituksenmukainen valaistusjärjestelmä, laitteet ja ohjausjärjestelmä sekä päivänvalon käyttö mahdollisuuksien mukaan. Valaisimet ryhmitellään siten, että tilojen yleisvalaistusta voidaan ohjata valaistustarpeen mukaan. Tiloissa, joissa päivänvalon saatavuus on hyvä, tulee erityisesti kiinnittää huomiota valaistuksen ohjaukseen. Valaistusjärjestelmä mitoitetaan ja valaistustehoa ohjataan valaistustarve huomioon ottaen siten, että valaistuksen lämpökuormista johtuva huonelämpötilan kohoaminen ja jäähdätyksen tarve vältetään./4/

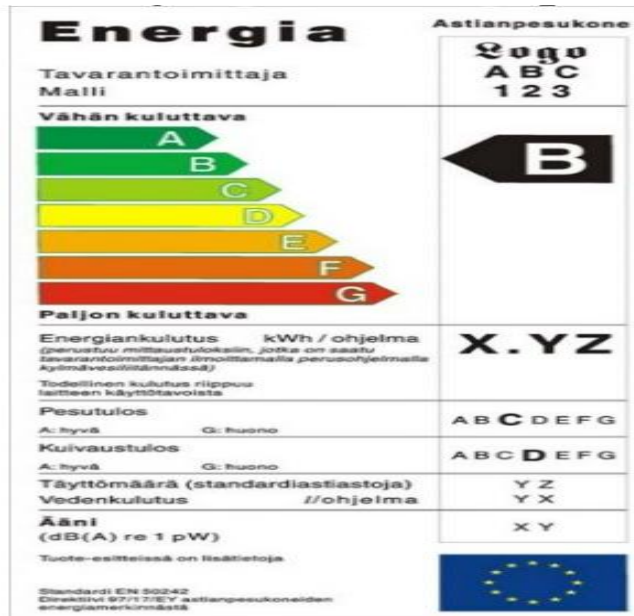
2.2. Laitteiden energiamerkinnät

Yhtenäinen energiamerkintä EU-maissa antaa luotettavan ja vertailukelpoisen tiedon kotitalouslaitteiden energiankulutuksesta. Energiamerkintätiedot perustuvat valmistajien standardin mukaisesti mittaamiin tuloksiin. Energiamerkinnän tavoitteena on antaa luotettavaa tietoa laitteiden energiankulutuksesta. Merkinnän avulla on helpompi tehdä hankintoja energiatehokkaampaan suuntaan. Laitteessa oleva energiamerkki osoittaa tuotteen käytön aikaista energiakulutusta asteikolla A-G. Joissakin laitteissa esiintyy myös A-luokkaa parempia luokkia: A+, A++ ja A+++./18/

Energiamerkinnät ovat pakollisia 8 laiteryhmissä:

- kylmäsäilytyslaitteet
- pyykinpesukoneet
- kuivaavat pesukoneet
- kuivausrummut
- astianpesukoneet
- lamput
- uunit
- ilmastointilaitteet./18/

Energiamerkintöjä on tulossa myös muille laiteryhmillä. Energiavaatimukset ovat valmistelussa lämminvesivaraajille, huoneilmastointilaitteille, lämmityskattiloille, kaupan kylmälaitteille sekä kotitalouksien valaistustuotteille ja pölynimureille./18/



Kuva 1. Energiamerkki. /1/

Laitteet, jotka kuuluvat EU:n käytössä olevaan energiamerkintä-järjestelmään, jaetaan seitsemään luokkaan energiankulutuksen perusteella. Laitteisiin on kiinnitetty energiamerkki sekä tuoteseloste, joista energiamerkintä koostuu. Turvatekniikan keskus TUKES valvoo energiamerkinneen oikeellisuutta. Kuvasta 1 nähdään astianpesukoneen energiamerkkikuva./1/

Laitteen energiamerkki kertoo laitteen kuluttaman energian muihin vastaaviin laitteisiin verrattuna. A-luokan laitteet kuluttavat energiaa vähiten ja G-luokan laitteet eniten. Keskitaso laitteiden energiankulutukselle on määritelty vuoden 1992 tason mukaan. Taulukossa 1 on esitetty energiatehokkuusluokat, ja kulutukset EU:n keskitasoon verrattuna./2/

Taulukko 1. Energiatohokkuusluokat./2/

Energialuokka	Energiankulutus EU:n keskitasoon verrattuna
A	yli 45 % vähemmän
B	25-45% vähemmän
C	10-25% vähemmän
D	0-10% vähemmän
Keskitaso EU-maissa	
E	0-10% enemmän
F	10-25% enemmän
G	yli 25% enemmän

2.3. Rakennusten energiatodistukset

Energiatodistuksen tarkoituksena on auttaa kuluttajaa valinnoissa samalla tavalla kuten kodinkoneiden energiamerkinnät. Energiatodistus on yhteisesti sovittu, ja sen avulla voidaan helposti verrata rakennusten energiatohokkuutta muihin vastaaviin rakennuksiin. Kaikilta uudisrakennuksilta vaaditaan energiatodistus, myös pientaloilta. Todistus tulee laatia rakennuslupaa haettaessa, ja sen antaa kiinteistön pääsuunnittelija./5/

Vuodesta 2009 alusta lähtien todistus on vaadittu myös olemassa olevilta kiinteistöiltä silloin, kun kiinteistö tai sen tiloja myydään tai vuokrataan. Pientaloille ja alle kuuden asunnon taloyhtiölle todistus on suositeltava, vaikkakin vapaaehtoinen./5/

Energiatodistus sisältää rakennuksen tarvitseman lämmitysenergian, laite- tai kiinteistösähkön, jäähdytysenergian sekä niiden pohjalta lasketun, bruttoalaan suhteutetun energiatohokkuusluvun. Rakennuksen energialuokka määräytyy energiatohokkuusluvun perusteella. /5/

Jotta rakennus saisi hyvän energiatodistuksen, on rakennuksessa oltava hyvä vaipan (ulkoseinien, ikkunoiden katon ja lattian) lämmöneristys, tiiviys ja ilmanvaihdon lämmöntalteenotto. Tavanomainen rakennus sijoittuu yleensä D-luokkaan vuoden 2008 rakentamismääräysten mukaan./5/

Energiatodistusta ei vaadita rakennuksilta:

- joiden pinta-ala on enintään 50 m²
- vapaa-ajan asunnoilta, joita käytetään korkeintaan neljä kuukautta vuoden aikana
- suojelluilta rakennuksilta
- teollisuus- ja korjaamorakennuksilta
- kirkoilta tai muiden uskonnollisten yhdyskuntien omistamilta rakennuksilta, joita käytetään vain kokoontumiseen./5/

3. SÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Pistorasioita täytyy olla tilakohtaisesti tarpeellinen määrä kohteita varten. ATK-laitteita varten asennetaan omat merkityt pistorasiat. Siivous- ja huoltokäytön pistorasioiden osalta on huomioitava, että pistorasiat kytketään omiksi ryhmiksi. Rasioita sijoittaessa on huomioitava irtokalusteiden asettamat vaatimukset. Sähkönsyöttö keskilattialle sijoitettaville laitteille ja työpisteille on suunniteltava käyttöpisteelle asti. Sijoittaessa kattoon pistorasioita tuodaan liitosjohdot alas esimerkiksi tolppaa tai spiraalijohtoa käyttäen. Vikavirtasuojakytkimillä suojataan määräysten mukaiset ja henkilöturvallisuuden kannalta tarpeelliset pistorasiat. /14/

Sähkölämmityksen käyttö koulutiloissa pyritään minimoimaan. Lämmitys pyritään toteuttamaan vesikiertoisena LVI-suunnitelman mukaan. Kuitenkin lattialämmitystä voidaan käyttää pienessä laajuudessa märkätiloissa pintakosteuden poistamiseksi. Märkien tilojen lämmitykset on kuitenkin toteutettava vesikiertoisena. Sadevesilaitteistoissa kriittiset jäätymiselle alttiit osuudet varustetaan lämmityksin käyttäen sähkölämmityselementein varustettuja kattokaivoja sekä saattolämmityskaapeleita. /14/

4. VALAISTUS

Suomessa kuluu valaistukseen noin kymmenen prosenttia kaikesta käytetystä sähköstä. Koulurakennuksen valaisemiseen kuluu tyypillisesti viidennes sähkönkulutuksesta. /15/

Valaistuksen energiankulutus riippuu useasta tekijästä: lamppuista, valaisimista, valaisimien sijoittelusta sekä ohjaustekniikasta. Huonepintojen ja valaisimien likaantuminen ja kuluminen vaikuttaa myös saatavan valon määrään. /16/

Tunnusmerkkejä hyvälle valaistukselle ovat:

- ympäristöystävällisyys
- energiatehokkuus
- muunneltavuus tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa. /16/

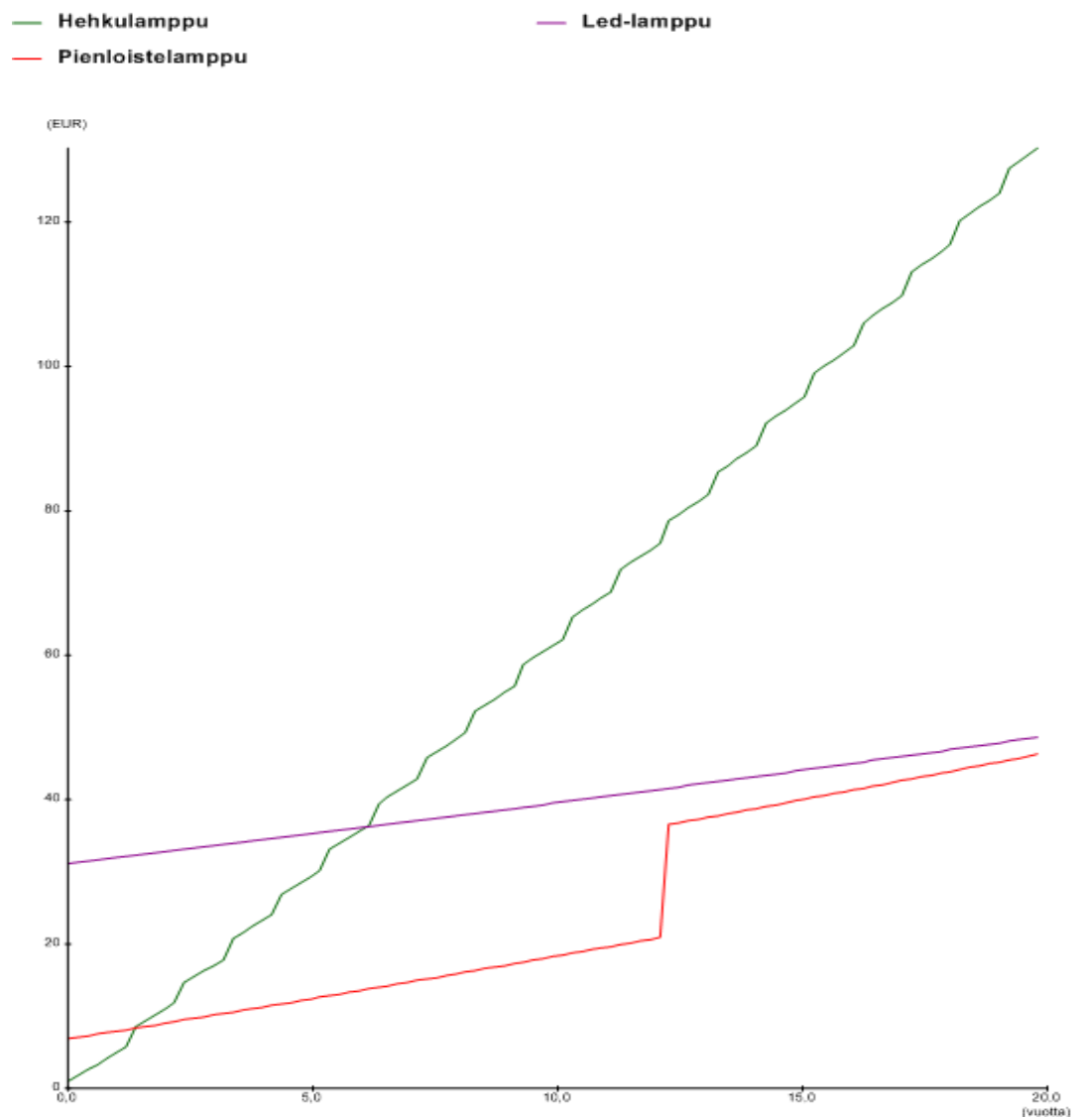
Tärkeimpiä yksittäisiä seikkoja valaistuksen energiankulutuksen vähentämiseen on valojen käyttö vain silloin, kun valaistusta tarvitaan. Tämä voidaan hoitaa automaattisesti kehittyneen ohjaustekniikan avulla. Tärkeää on myös opastaa käyttäjiä toimimaan oikein. /16/

Vaikka energiankulutusta pyritään vähentämään, niin tämä ei tarkoita sitä, että valon määrästä tai laadusta tarvitsee tinkiä. Uusia tekniikoita käyttäen valaistuksen määrää ja laatua voidaan jopa parantaa, ja silti käyttökustannuksissa syntyy säästöä. /16/

Kuvassa 2 on esitetty lamppujen kustannuskehitys. Polttoajan oletusarvona on käytetty 1000 tuntia yhtä vuotta kohden. Hehkulamppu on hankintahinnaltaan edullisin, mutta sen energiakustannukset ja lyhyt polttoikä nostavat kustannukset noin kuuden vuoden jälkeen kalleimmiksi. Pienloistelamppu on hankintahinnaltaan melko edullinen ja sen energiakustannukset pysyvät alhaisina. Noin vuoden käytön jälkeen pienloistelamppu on osoittautunut halvimmaksi vaihtoehdoksi. Pienloistelampun vaihtoväli on noin 12 vuotta. Kuvassa 2 esitetyssä diagrammissa pienloistelampun vaihdossa on huomioitu lampun hinnan lisäksi myös vaihtokustannukset. Kuvassa 3 on esitetty lamppujen

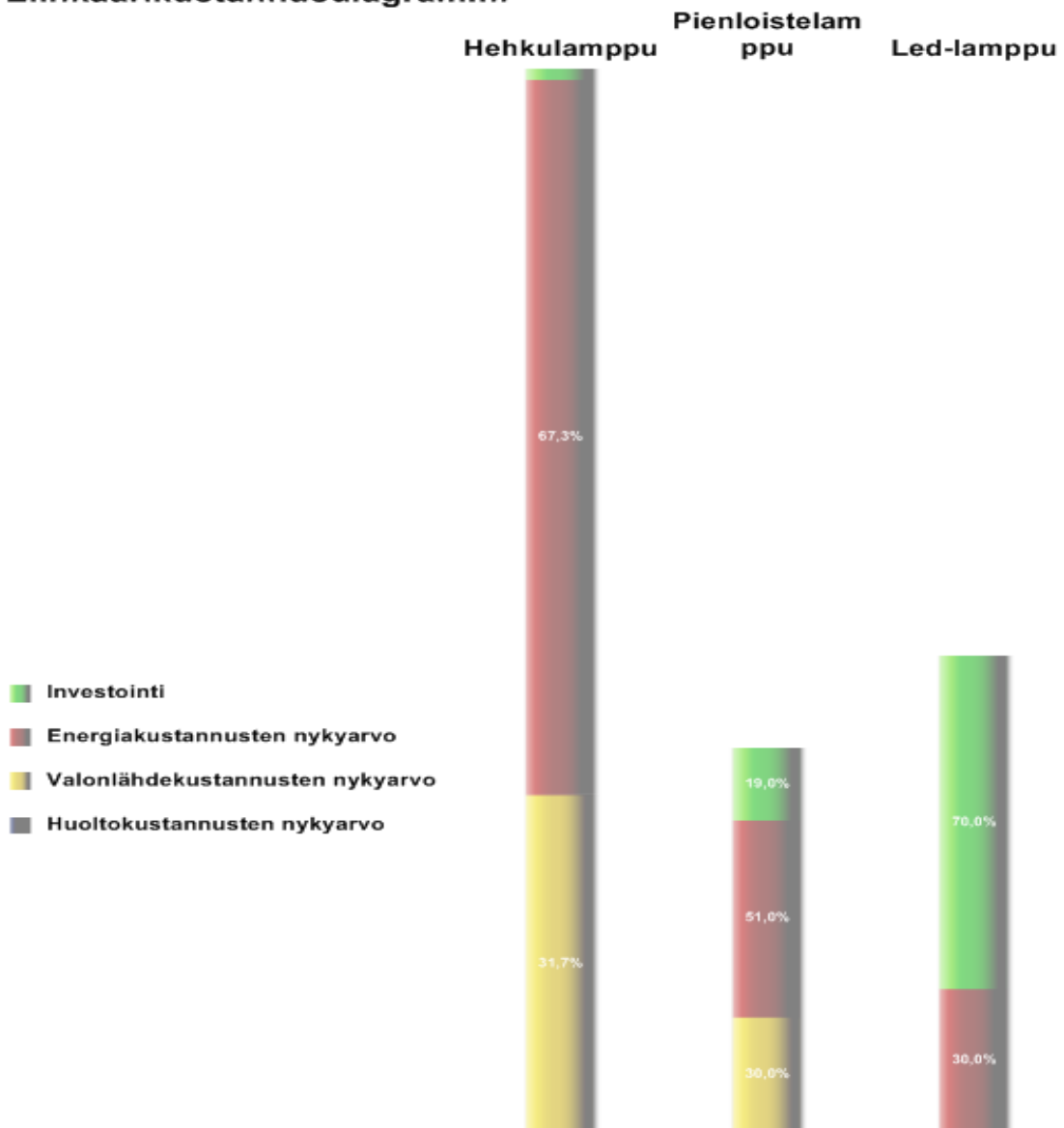
elinkaarikustannusdiagrammi. Laskelmat on tehty Fagerhultin Life Cost Calculator -ohjelmalla.

Kustannuskehitys (vertailu).



Kuva 2. Lamppujen kustannuskehitys.

Elinkaarikustannusdiagrammi



Kuva 3. Lamppujen elinkaarikustannukset.

4.1. Valonlähteet

Taulukossa 2 on esitetty erilaisten lamppujen tyypillisiä ominaisuuksia. Joillakin lampputyypeillä valotehokkuus ja polttoikä saattaa vaihdella paljonkin. Valotehokkuus paranee monilla lampputyypeillä lampun ottaman sähkötehon kasvaessa. Polttoiän hajonta on erityisesti hehkulamppuilla suuri. Joku lamppu voi kestää vain vähän aikaa, ja

toinen varsin pitkään. Valmistaja valitsee lampulle keskimääräisen iän jolle lamppu valmistetaan. /15/

Pitkäikäisten lamppujen kuten esimerkiksi loisteputkien, pienloistelamppujen ja ulkovalaistuksen lamppujen valotehokkuus voi laskea paljon kun lamppu ikääntyy. Siksi, vaikka tällaiset lamput toimisivatkin niin, voi olla, että kannattaa vaihtaa ne. Kun ikääntyneestä lamppuryhmästä yksi lamppu sammuu kokonaan, sopiva menettely olisi, että vaihdetaan kaikki ryhmän lamput. /15/

EU-lainsäädännön vaikutuksesta käytössä olevat lampputyypit muuttuvat radikaalisti. Hehkulamppujen poistuminen asteittain markkinoilta vuosina 2009 - 2012 on merkittävin muutos. Ulkovalaistuksessa elohopealamppu poistuu markkinoilta 2015. Suomessa on annettu vuonna 2009 valaistustuotteiden ekosuunnittelusta kaksi asetusta, jotka perustuvat EU:n ecodesign-direktiiviin. Tarkoituksena on vähentää valaistustuotteiden ympäristövaikutuksia, joita ovat etenkin energiankulutus ja lamppujen sisältämä elohopea. Tuotemerkintöjä halutaan myös selkeyttää. /15/

Taulukko 2. Lamppujen ominaisuuksia. /15/

Lampputyyppi	Valotehokkuus lumen/W	Polttoikä tuntia	ominaisuuksia
Hehkulamppu	11	1000	halpa, monikäyttöinen, lämminsävyinen
Halogeeni 230 V	15	1800	kuumenee vaarallisesti
Halogeeni+muuntaja	18	3000	kuumenee vaarallisesti
Pienloistelamppu	40	10000	eräät tyypit syttyvät hitaasti, usein suurempi kuin hehkulamppu
Valkea led	60	50000	ei valaise tasaisesti, ei kestä kuumaa, ei yleiskäyttöön, kehittyy jatkuvasti
Yksikantainen loistelamppu	65	8000	
Loisteputki	90	15000	lukuisia värisävyjä, isokokoinen
Elohopealamppu	50	24000	sinertävä valo, ulkovalaistukseen
Monimetallilamppu	100	10000	valkoinen valo, ulkovalaistukseen
Suurpainenatriumlamppu	125	20000	keltainen valo, tievalaisin
Pienpainenatriumlamppu	80	18000	räikeän keltainen, tievalaisin

4.1.1. Hehkulamput

Valontuotto hehkulamputissa perustuu volframi-hehkulangan lämpenemiseen ja siitä syntyvään valoon. Hehkulamppua kuumennettaessa sähkövirralla riittävän korkeaan lämpötilaan, alkaa hehkulankakierukka säteillä näkyvän säteilyn aallonpituuksilla (380 - 780 nm). Valotehokkuus on hehkulampulla matala, sillä suuri osa energiasta muuttuu lämmöksi ja vain osa valoksi. /6/

Hehkulamppuja on monenlaisia: pyöreä vakiomalli, päärynänmallinen vakiolamppu, kynttilälamppu, kohdelamppu ja pää- eli kärkipeililamppu. Valotehokkuudet mallista riippuen vaihtelee suuresti. Pääosin hehkulamput ovat kierrekannalla varustettuja ja useimmiten ne ovat verkkojännitteellä toimivia. Hehkulampun kupu voi olla kirkas, happokäsitelty, opaloitu tai värjätty. /6/

Hehkulamppu syttyy välittömästi sytytyksen jälkeen täyteen käyttövalmiuteen. Polttoikä lampulla on lyhyt, koska volframi höyrystyy hehkulangasta jolloin lanka ohenee ja haurastuu kunnes lopulta katkeaa. Haurastumista voidaan säädellä jännitteen, materiaalien ja lämpötilan yhteensovittamisella. Toinen tapa pidentää lampun käyttöikää on käyttää lamppua alijännitteellä, mutta valontuotto kärsii myös tässä vaihtoehdossa. Hehkulanka on vakiolampuissa herkkä tärinälle ja iskuille. Hehkulampun käyttöikää voidaan kasvattaa merkittävästi käyttämällä himmentimiä. /6/

Koska hehkulamput ei saavuteta toivottuja energiatehokkuusarvoja niin valmistus ja myynti loppuu EU:n EuP-direktiivin vaikutuksesta. Himmeäkupuisten sekä kirkaskupuisten 100 W hehkulamppujen markkinoille saattaminen on ollut kielletty 1.9.2009 alkaen. Kaikkien kirkaskupuisten hehkulamppujen markkinoille saattaminen on kielletty 1.9.2013 alkaen. /6/

Hehkulamppujen tilalla voidaan alkaa käyttämään halogeenilamppuja, joiden energiankulutus on 20 - 30 % vähäisempi. Monet ominaisuudet pysyvät lähes samoina kuin hehkulamputissa. Toinen vaihtoehto on käyttää kierrekantaisia energiansäästölamppuja, jolloin energiankulutus on jopa 70 - 80 % vähäisempi kuin hehkulamputilla.

4.1.2. Halogeenilamput

Toimintaperiaatteeltaan halogeenilamppu muistuttaa hehkulamppua, eli valontuotto perustuu metallilangan kuumentamiseen hehkuvaksi. Halogeenilampun kuvun halogeenitäytteen avulla lämpötila on suuri, mutta samalla valotehokkuus on parempi ja käyttöikä pidempi. Taitamattomissa asennuksissa varjopuolena on palovaarallisuus. /15/

Halogeenivalaisimia upotettaessa kattoon tarvitaan pienoisjännitteisiltä (6 V, 12 V, 24 V) valaisimilta vapaata upotustilaa palamattomassa ympäristössä vähintään 100 mm ja palavaa tai helposti syttyvää materiaalia sisältävässä ympäristössä vähintään 200 mm. Verkkojännitteisillä (230 V) valaisimilla upotussyvyysvaatimus on 100 - 400 mm. Valaisinvalmistajat ja maahantuoja antavat ohjeita ja tietoja muun muassa valaisinten sijoittamisesta, upottamisesta, lämpenemisominaisuuksista ja asennusasunnoista. Halogeenivalaisimet voidaan asentaa myös kosketinkiskoon, joita on sekä verkkojännitteisille että pienoisjännitteisille halogeenivalaisimille. Pienoisjännitteinen valaistus tarvitsee muuntajan. /15/

4.1.3. Pienloistelamput

Pienloistelamput kuluttavat energiaa vain noin viidenneksen hehkulamppuun nähden. Tämän vuoksi pienloistelamppuja kutsutaan yleisesti energiansäästölampuiksi. Pienloistelamppujen valotehokkuus on nelin- tai viisinkertainen hehkulamppuihin verrattuna. Esimerkiksi 60 W:n hehkulamppu voidaan korvata 11 W:n pienloistelampulla saman valotehon saamiseksi. Kaupallisten lamppujen valotehokkuus, valon väri ja elinikä kuitenkin vaihtelee, joten tehon sijaan kannattaa vertailla lumeneita. Pienloistelamppu on edullisempi käyttää kuin hehkulamppu varsinkin silloin, kun lampun vuosittainen käyttöaika on pitkä. /13/

Pienloistelamput ovat usein pidempiä kuin valoteholtaan vastaavat hehkulamput, joten ne eivät aina sovi vanhoihin valaisimiin. Pienloistelamppuja on saatavilla myös hehkulamppua muistuttavalla kuvulla, mutta kupu alentaa valotehokkuutta ja saattaa pidentää syttymisajan pariin minuuttiinkin. Markkinoille on tullut myös säädettäviin

himentimiin sopivia energiansäästölamppuja samoin kuin lamppuja, jotka syttyvät itseksään hämärässä. Liiketunnistimella varustettuja energiansäästölamppuja on myös saatavilla. /13/

Energiansäästölamppujen käyttö ei tosin ole aivan ongelmaton, koska ongelmia voi tulla lampun fyysisen koon ja muodon erilaisuuden, säädettävyyden sekä lampun sisältämän elohopean vuoksi. Kierrekantaiset energiansäästölamput tulisi toimittaa ongelmajätekeräykseen. /13/

4.1.4. LED-lamput

LED-lamput ovat vielä voimakkaassa kehitysvaiheessa ja niiden valotehokkuus paranee koko ajan. Standardoinnin puutteesta markkinoilla olevilla ledeillä on suuri kirjo tehon, värisävyn, rakenteiden mittojen ja eliniän osalta. Halvimmat ledit maksavat vain kymmenesosan parhaiden samantehoisten ledien hinnasta. Halvimpien ledien elinikä on vain satoja tunteja, ja mikä pahinta, ostaja ei pysty tunnistamaan minkä tyyppisiä ledejä valaisimessa on käytetty. /15/

Led-valaisimessa on tavallisesti monta tai jopa kymmeniä ledejä, sillä yhden ledin teho on pieni (usein 1W). Viimeaikaisen kehityksen myötä tehovalikoimat ovat laajentuneet ja lämpivät sävyt ovat tulleet markkinoille. Suuri joukko valkoista valoa antavia ledejä on teholuokassa 20 - 30 lm/W. Teoreettisesti parhaat valmisteet voivat yltää jopa 80 lm/W-tasoon, mutta käytännössä arvot ovat noin 30 - 50 lm/W. (Esimerkiksi hehkulamput ovat luokkaa 10 lm/W, "energiansäästölamput" 40 lm/W, loisteputket jopa 80 lm/W). Valotehokkuuden oletetaan kasvavan kehityksen myötä. /15/

Valoteho alenee ledilampuissa käyttöiän mukana, esimerkiksi 50 000 käyttötunnin jälkeen valotehoa on jäljellä ehkä vain puolet. Rajoittava tekijä on usein lampun elektroniikka, joka ei kestä näin pitkiä käyttöaikoja. Käytännön käyttöikä voisi olla usein 10 000 tuntia eli muutama vuosi. /15/

Markkinoille on tullut niin sanottuja retrofit-ledilamppuja, jotka voidaan vaihtaa muiden valonlähteiden tilalle. Esimerkiksi hehkulampan tilalle voidaan vaihtaa ledilamppu, joka vastaa valomäärältään 15 - 40 W hehkulamppua. LED-lamppua tai ledejä sisältävää valaisinta hankittaessa on syytä kiinnittää huomiota valotehokkuuteen. Jos valotehokkuutta ei ole ilmoitettu, voi olettaa valotehokkuuden olevan huono. /15/

4.1.5. Loistelamput

Valotehokkuus loistelampulla on erittäin hyvä. Vakiokoot isoilla loisteputkilla on 58W ja 36W. Pienempiä putkikokoja löytyy runsaasti 20 watista alaspäin. Valontuotto loisteputkessa perustuu sähköön kulkemiseen matalapaineisessa elohopeahöyryssä, jolloin höyry tuottaa sekä näkyvää valoa että ultraviolettisäteilyä. Putken sisäpinnalla oleva loisteaine muuttaa ultraviolettisäteilynkin näkyväksi valoksi, jonka väri riippuu loisteaineen koostumuksesta. Loisteputki tarvitsee sytytys- ja liitäntälaitteen.

Markkinoilta löytyy myös valaisimia, joissa kuristin ja sytytin on korvattu elektroniikalla. Etuina tässä on, että putki syttyy nopeammin ja valon värinältä vältytään, sekä putkea voidaan säätää. Saatavilla on myös yksikantaloistelamppuja, joissa on tavallisesti kaksi rinnakkaista päistään yhdistettyä lasiputkea. Tehot lampuissa vaihtelevat välillä 8 – 24 W. Saatavilla on myös ympyrän muotoon taivutettuja yksikantaloistelamppuja. /15/

Käyttöikä

Loisteputket ovat pitkäikäisiä, joten putkea voidaan kotikäytössä käyttää vuosia vaihtamatta. Putken valovirta kuitenkin heikkenee vuosien kuluessa, joten pitkään käytössä ollut putki kannattaa vaihtaa vaikka se vielä toimisikin. Kun loisteputkea sytytetään usein sen käyttöikä lyhenee, mutta putket ovat nykyisin kehittyneet siten ettei niiden tavanomainen sammuttaminen ja sytyttely kotikäytössä juuri vaikuta niiden käyttöikään. /15/

Kun loisteputki ei enää syty vaan palaa himmeästi putken päiden samalla hiukan hehkuessa on putki loppuunkulunut. Sytytin yrittää jatkuvasti saada lampun palamaan, josta syystä

lamppu välkkyä muutamien sekuntien väliajoin. Useissa sytyttimissä on lisälaite, jonka laukaisunasta toimiessaan lopettaa turhat loppuunkuluneen putken sytyttämisyritykset. Vaihdettaessa putki uuteen tulee lauenneesta sytyttimestä oleva nasta painaa takaisin sisään jotta sytytin taas toimisi. /15/

Sytytin voi myös vikaantua joko putken loppuunkulumisen yhteydessä tai muutenkin. Sytytin on halpa laite, joten kannattaa kokeilla sytyttimen vaihtoa loisteputken vikaantuessa. Kun putki vaihdetaan valaisimeen olisi hyvä samalla vaihtaa myös sytytin uuteen, vaikka se vielä toimisikin. Kuristin valaisimessa ei helposti vikaannu, mutta jos niin tapahtuu helpointa on useimmiten vaihtaa koko valaisin. /15/

Värisävyt

Värisävyjä loisteputkilla on useita riippuen siitä, millä loisteaineella putken sisäpinta on päällystetty. Loisteaine voidaan valita joko hyvin värejä toistavaksi tai antamaan paljon valoa, samoin voidaan valita putki joka antaa kylmää tai lämmintä valoa. Kotioloihin kannattaa valita tavallisesti lämmin sävy ja hyvä värintoisto. Saatavana on myös päivänvalosävyisiä putkia, mutta niillä ei saavuteta miellyttävää valaistusta ellei valoa ole hyvin paljon. Tämän takia päivänvalosävyiset putket eivät yleensä sovi kotikäyttöön. /14/ Eri valmistajien värisävyt voivat poiketa toisistaan, joten siksi pitäisi rinnakkain käyttää mielellään vain yhden valmistajan putkia. Saman tilan putket kannattaa tämän vuoksi vaihtaa mahdollisuuksien mukaan ryhmävaihtona. /15/

4.1.6. Ulkovalaistuksen valonlähteet

Ulkovalaistukseen voidaan sisävalaistuksessa käytetyistä valonlähteistä käyttää tavallisia hehkulamppuja, energiansäästölamppuja ja loistelamppujakin. Lisäksi ulkovalaistuksessa on mahdollista käyttää suurpaineisia purkauslamppuja. /15/

Hehkulamppu ulkovalaistuksessa toimii hyvin, kunhan valaisin on ulkokäyttöön sopiva. Hehkulampan valotehokkuus on kuitenkin huono, joten koko illaksi tai yöksi sytytettävissä valaisimissa hehkulamppua ei kannata käyttää. Hehkulamppu sopii hyvin liiketunnistimella varustettuun valaisimeen, koska se antaa heti täyden valotehon.

Huono valotehokkuus ei tällaisessa tilanteessa haittaa, koska lamppu palaa vain lyhyitä aikoja. /15/

Energiansäästölamppu sopii hyvin useimpiin piha-alueiden valaistustilanteisiin. Täyden valon lamppu antaa vasta pari minuuttia sytyttämisen jälkeen. Energiansäästölamppun valovirta pienenee kylmässä, joten tämän vuoksi valaisin pitää olla umpinainen ja ahdaskin, jolloin lamppu itse lämmittää ympäristönsä ja valovirta vähitellen nousee. /15/

Loisteputkella on sama ominaisuus kuin energiansäästölampulla: sen valovirta pienenee kylmässä. Umpinaisessa valaisimessa putken valovirta tulee kohtuullisen hyväksi lukuun ottamatta kovimpia pakkasia. /15/

Suurpaineisia purkauslamppuja käytetään suurimmaksi osin katujen, teiden ja puistojen valaisemiseen. Valontuotto purkauslamppuissa perustuu loisteputkien tavoin sähkön kulkemiseen metallihöyryä sisältävässä lasiputkessa. (Loisteputkessa kuitenkin metallihöyryn paine on pieni). Lamppuissa metallina voi olla elohopea (sinertävä valo), natrium (kellertävä valo) tai usean metallin seos. Lampun sisällä olevasta paineesta johtuen putki on pienikokoinen ja se voidaan sijoittaa suurehkoa hehkulamppua muistuttavaan kupuun. Kuvun sisäpinnalla on loisteainetta kuten loisteputkessakin. Väritoisto voidaan luetella suurpaineisten purkauslamppujen varjopuoliin. Suurpaineiset purkauslamput tarvitsevat liitäntälaitteen (kuristimen) ja siksi näille lamppuille valmistetaan valaisimia, joissa liitäntälaite on valmiina. Valotehokkuus lamppuilla on hyvä. Sen vuoksi suurpaineisia purkauslamppuja käytetään paikoissa, joissa tarvitaan isolle alueelle paljon valoa eikä valon värille aseteta suuria vaatimuksia. /15/

Syttymisaika suurpaineisilla purkauslamppuilla on useita minuutteja. Sähkökatkoksen sattuessa syttyminen kestää vielä pidempään, koska lampun täytyy ensin jäähtyä ennen kuin se aloittaa syttymisprosessinsa. /15/

4.2. Valaistuksen laatuvaatimukset

Valaistuksen laadusta ei saa tinkiä kun pyritään energiansäästöön valaistuksessa. Valaistussuositukset lähtevät siitä, kuinka hyvin näkemiseen liittyvät työtehtävät pystytään suorittamaan. Suomessa on käytetty Suomen valoteknillisen seuran laatimia sisä- ja ulkopaikkojen valaistussuosituksia. Nämä suositukset on nykyisin korvattu uusilla eurooppalaisilla SFS-EN 12464 standardeilla. Tässä standardissa on annettu tila- ja tehtäväkohtaiset suositukset taulukkomuodossa. Taulukoista löytyy keskimääräinen valaistusvoimakkuuden huoltoarvo E_m , pienin sallittu häikäisyindeksi UGR sekä pienin sallittu yleinen värintoistoindeksi R_a . /13/

Valon määrä, valaistusvoimakkuus

Valaistussuosituksissa esitetään valon määrä suositeltavina tila- ja tehtäväkohtaisina valaistusvoimakkuusarvoina. Standardissa annetaan valaistusvoimakkuudelle suositusarvo E_m . Huoltoarvo E_m on luku, jonka alle valaistustaso ei saa pudota asennuksen eliniän aikana. Kyseessä on ennen valaistushuoltoa saatava keskimääräinen minimiarvo valaistusvoimakkuudelle ja suunniteltaessa on arvioitava, kuinka paljon valaistustaso tulee jatkossa putoamaan. Valaistusvoimakkuutta ei tarvitse määrittää koko tilaan vaan ainoastaan työalueelle. Valaistuksen keskittäminen työalueille on energiatalouden kannalta järkevää, koska valo voidaan keskittää työalueille ja valaista pienemmällä valolla tilat, joissa ei vaadita tarkkaa näkemistä. Uudessa standardissa määritellään kuitenkin myös alueen välittömän läheisyyden valaistusvoimakkuuden minimiarvot. Puolen metrin vyöhyke työalueesta muodostaa välittömän lähiympäristön. Lisäksi työalueelle ja välittömälle ympäristölle määritetään valaistuksen tasaisuusarvot. Tasaisuusarvo tarkoittaa minimiarvon suhdetta keskiarvoon. Minimiarvo työskentelytilaan on 200 lx. Taulukossa 3 on esitetty vaatimukset työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuksille. /13/

Taulukko 3. Työalueen ja sen välittömän läheisyyden valaistusvoimakkuudet. /13/

Työalueen valaistusvoimakkuus (lx)	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus (lx)
>750	500
500	300
300	200
<200	sama kuin kohteessa
Tasaisuus: > 0,7	Tasaisuus: > 0,5

Häikäisy

Häikäisyä arvioidaan standardissa UGR häikäisyindeksin avulla. Jos halutaan manuaalisesti määrittää häikäisyindeksi, edellyttää se, että valaisinvalmistaja on laatinut valaisinkohtaiset taulukot, joiden avulla indeksi voidaan määrittää. Helpompana vaihtoehtona on määrittää indeksi esimerkiksi yleisesti käytössä olevalla DIALux -laskentaohjelmalla. Taulukossa 4 on annettu pienimmät sallitut suojauskulmat. /13/

Taulukko 4. Minimisuojauskulmat eri luminanssia oleville valaisimille. /13/

Lampun luminanssi kcd/m ²	Minimi häikäisysoojauskulma
20 < 50	15 astetta
50 < 500	20 astetta
> 500	30 astetta

Valon väriominaisuudet

Suosittelusten mukaan oikea valon värisävy riippuu psykologiasta, estetiikasta ja siitä, mikä koetaan luonnolliseksi kussakin tapauksessa. Tästä syystä standardi ei suositakaan erityistä värilämpötilaa käytettäväksi. Sen sijaan valon värintoistolle annetaan hyvinkin tiukkoja raja-arvoja. Standardin mukaan lamppuja, joiden värintoistoindeksi R_a on alempi kuin 80, ei tulisi käyttää tiloissa, joissa työskennellään pitkäaikaisesti. Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty eri tilojen valaistussuosituksia. /13/

Taulukko 5. Koulujen valaistussuosituksset. /13/

Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR _L	R _a	Huomautukset
Luokkahuoneet, opetustilat	300	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
Luokkahuoneet iltakäytössä ja aikuisopiskelijoille	500	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
Luentosali	500	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
Liitutaulu	500	19	80	Suuntaheijastumisia vältettävä

Taulukko 6. Toimistotilojen valaistussuositukset. /13/

Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR _L	R _a	Huomautukset
Arkistointi, kopiointi, jne	300	19	80	
Kirjoittaminen, konekirjoitus, lukeminen, tietojenkäsittely	500	19	80	Näyttöpäätetyö: katso luku 2.1.1
Tekninen piirtäminen	750	16	80	
CAD-työasemat	500	19	80	Näyttöpäätetyö: katso luku 2.1.1
Neuvottelu- ja kokoushuoneet	500	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
Vastaanottotiski	300	22	80	
Arkisto	200	25	80	

Valaistuksen laskenta

Jotta rakennusten energiatehokkuutta voitaisiin valaistuksen osalta vertailla keskenään, on vuotuista energiankulutusta tarkasteltava pinta-alaa kohden. Standardissa on saadulle arvolle annettu nimeksi LENI (Lighting Energy Numeric Indicator). LENI- arvo antaa kuvan, miten energiatehokkailla valonlähteillä, liitäntälaitteilla ja hyötysuhteeltaan hyvällä valaistusperiaatteella toteutus on tehty. /13/

Pikalaskentamenetelmässä oletetaan lepokulutukselle vakioarvo 6 kWh/m² vuodessa. Kaavassa 1 on Leni- luvun laskentakaava:

$$\text{LENI} = (W \text{ valaistus} / A) + 6 \text{ kWh/m}^2, \text{ vuosi. /13/} \quad (1)$$

4.3. Valaistuksen ohjaus

Valaistuksen ohjaukseen käytetään tyypillisesti seuraavia tapoja:

- paikallisohjaus
- rinnakkaisohjaus
- tilanneohjaus
- läsnäolo-ohjaus
- vakiovalo-ohjaus
- langaton ohjaus./7/

Paikallisohjaus on yksinkertaisin tapa ohjata valaistusta. Se on perusratkaisu yksittäisen tilan valaistuksen ohjaukseen. Hankintahinta on paikallisohjauksessa halpa, mutta ratkaisuna se on joustamaton. /7/

Rinnakkaisohjauksessa valaisinryhmää pystytään ohjaamaan useasta paikasta. Hajautetuilla kenttäväylillä on myös mahdollista tehdä rinnakkaisohjaus. Rinnakkaisohjaus voidaan toteuttaa digitaali-älyllä olevin kiertokytkimin tai painonapein. On myös mahdollista toteuttaa rinnakkaisohjaus suorapainikeohjauksella, jossa rinnakkaisia impulssipainikkeita voi olla lähes rajattomasti. /7/

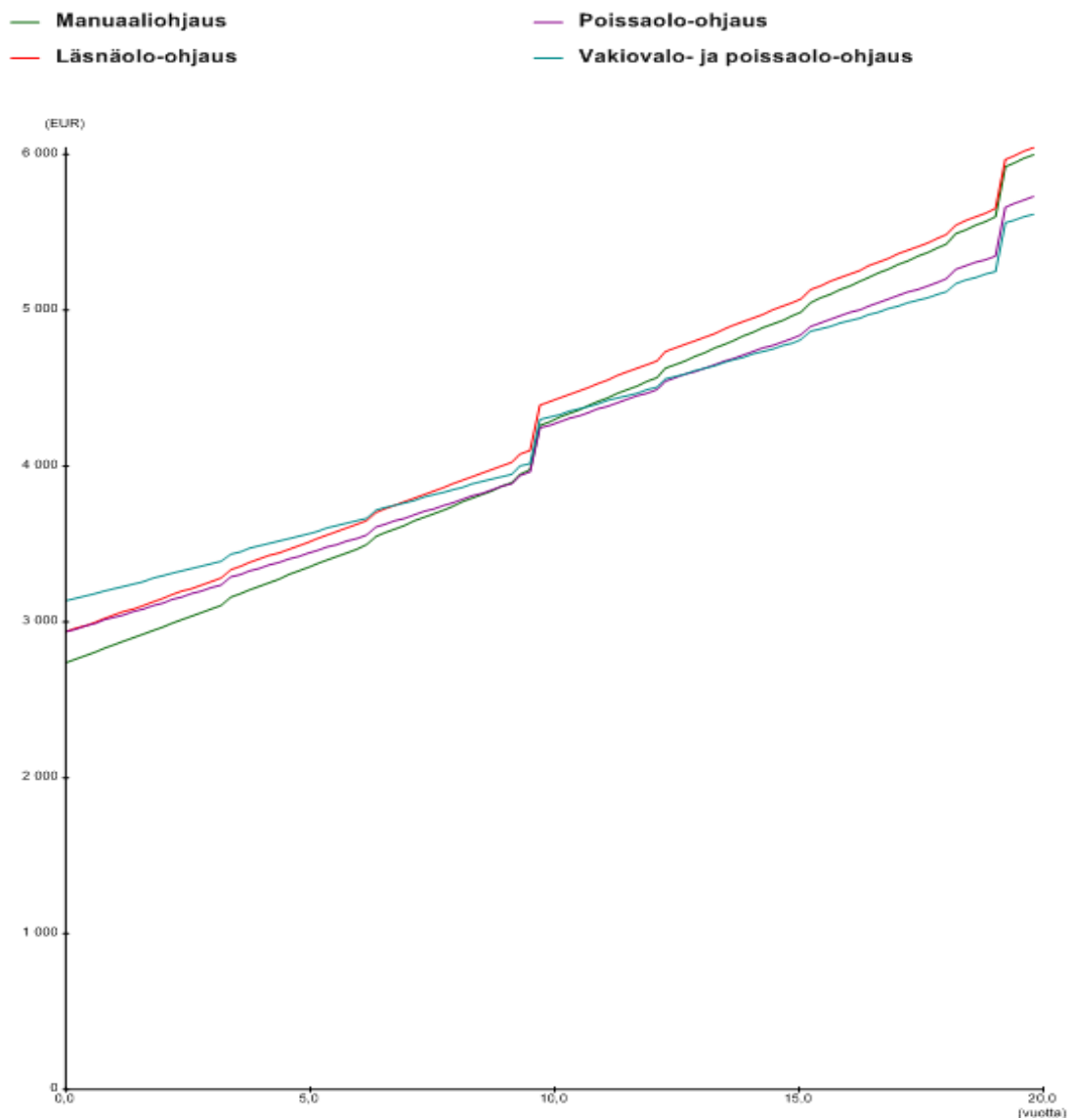
Erilaisilla keskusyksiköillä ja väyläohjausjärjestelmän tuotteilla voidaan toteuttaa tilanneohjaus. Yhden ryhmän tilanneohjauksessa on kyse ennalta määritetyistä valotasoista. Tilanteet on nimettävä niiden käyttötarkoitusten mukaan. Esimerkkejä eri tilanteissa neuvotteluhuoneessa voisi olla esimerkiksi: siivous, esitys, kokous ja sammutus. /7/

Läsnäolo-ohjauksessa valot syttyvät kun läsnäolotunnistin havaitsee liikettä ja valot sammuvat kun läsnäolotunnistin ei enää havaitse liikettä ja tunnistimen aikaviive kuluu loppuun. Energiansäästöä on läsnäolotunnistimella saavutettavissa jopa 30 %. Säästö on riippuvainen tilan käytöstä eli siitä, kuinka paljon tilassa ollaan ja kuinka suuria ovat valvottavat alueet. Loistelamppuja ohjattaessa tulee viiveen olla riittävän pitkä, jotta lamppujen käyttöikä ei huononnetta liian tiheillä sytytyskerroilla. Läsnäolotunnistin soveltuu erityisesti tiloihin, jossa käyttö on satunnaista. /7/

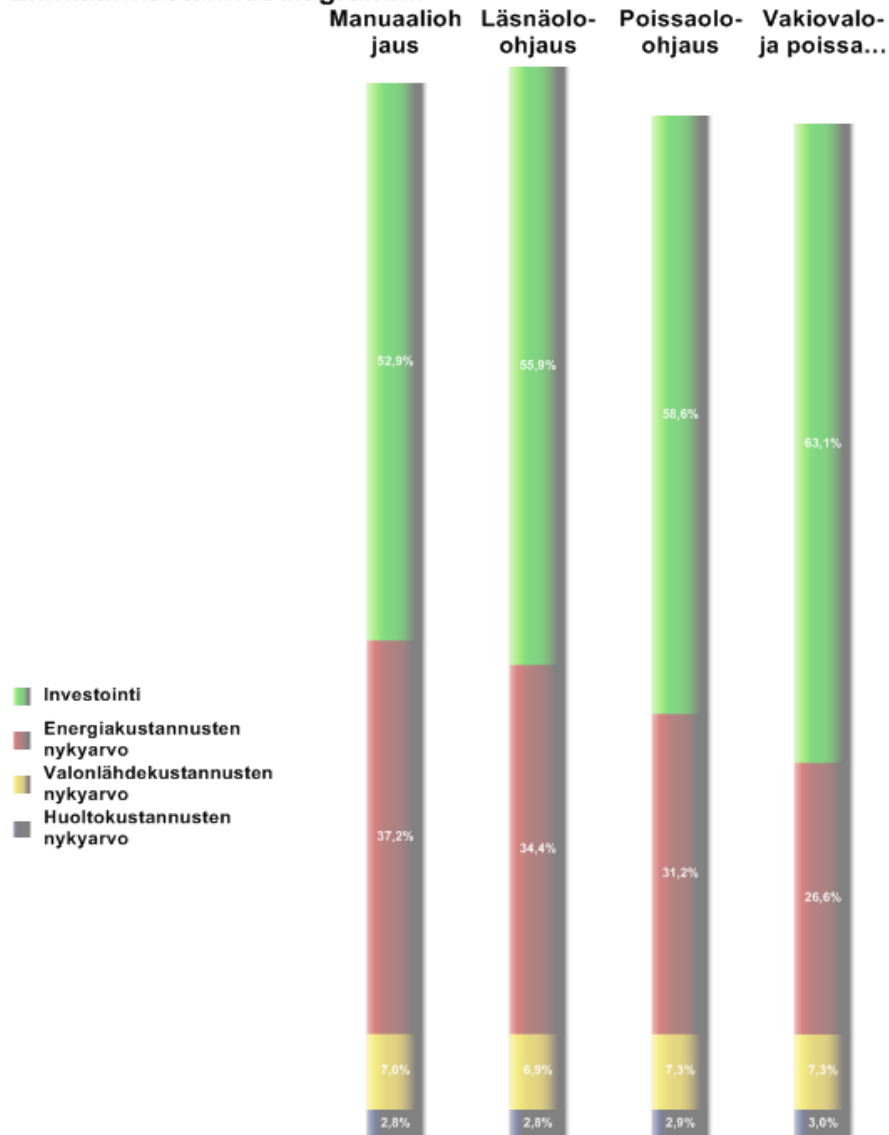
Vakiovalo-ohjauksessa valon määrää säätelee anturi, joka mittaa luonnonvaloa. Vakiovalo-ohjauksessa saavutetaan jopa 60 % energiasäästö. Parhaiten vakiovalo-ohjaus on toteutettavissa loistelamppuohjauksessa. Se on mahdollista toteuttaa analogisella 1-10V:n tai digitaalisilla DSI- ja DALI- ohjauksilla. Yksinkertaisimmillaan valaisimessa on sisäänrakennettuna elektroninen liitäntälaite ja valoisuusanturi, joka säätää valoja. /7/

Langatonta ohjausta käytetään usein saneerauskohteissa esimerkiksi hirsitaloissa, joissa kaapelointi on vaikeaa tai mahdotonta. Ohjaus voidaan toteuttaa joko infrapuna- tai radio-ohjauksella. /7/

Kuvassa 4 on esitetty luokkahuoneen valaistuksen ohjaustapojen kustannuskehitys kahdenkymmenen vuoden ajalta. Manuaaliohjaus on hankintahinnaltaan halvin ja vakiovalo- ja poissaolo-ohjaus kallein. Noin kolmentoista vuoden kuluttua vakiovalo- ja poissaolo-ohjaus osoittautuu kustannuksiltaan edullisimmaksi vaihtoehdoksi. Laskennoissa on käytetty keskimääräisiä käyttökertoimia, jotka löytyvät liitteestä 7. Käyttökertoimista johtuen läsnäolo-ohjaus olisi kalliimpi kuin manuaaliohjaus. Tulos voi olla harhaanjohtava, sillä manuaaliohjauksen riskinä voi olla, että valot jäävät pitkäksi aikaa päälle. Kuvassa 5 on esitetty luokkahuoneen valaistusohjauksen elinkaarikustannusdiagrammi. Kuvasta nähdään, että vakiovalo- ja poissaolo-ohjauksen elinkaarikustannukset osoittautuvat edullisemmiksi, vaikka investointikustannukset ovat selkeästi muita ohjaustapoja suuremmat. Laskelmat on tehty Fagerhultin Life Cost Calculator -ohjelmalla.

Kustannuskehitys (vertailu).**Kuva 4. Ohjaustapojen kustannuskehitys.**

Elinkaarikustannusdiagrammi



Kuva 5. Ohjaustapojen elinkaarikustannukset.

4.4. Turvavalaistus

Sisäasiainministeriön asetus SMa 805/2005 viittaa standardeihin rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta. Standardit eivät ole kuitenkaan keskenään samanarvoisia. Asetuksessa on määritelty velvoittavaksi keskitetyn tehonsyötön järjestelmiä käsittelevä standardi SFS-EN 50171 ja valaisinstandardi SFS-EN 60598-2-22. Myös Valtion turvamerkkipäätös 976/1994 on määritelty

velvoittavaksi. Standardi SFS-EN 1838 on esitetty noudatettavaksi soveltuvin osin ja SFS-EN 50172 on vain suositusluontoinen. /8/

Poistumisreitit täytyy valaista tavalla, joka mahdollistaa niiden turvallisen käytön. Valaistusvoimakkuuden on oltava enintään kaksi metriä leveällä poistumisreitillä lattian tasossa poistumisreitien keskilinjalla vähintään 1 lx ja keskivyöhykkeellä (puolet poistumisreitien leveydestä) vähintään 50 % keskilinjan kohdalla olevasta valaistusvoimakkuudesta. Riskialttiissa kohdissa tarvitaan lisävalaistusta, kuten lattiatason muutoskohdissa, käytävien risteyskohdissa, porraskäytävissä, hätäpoistumiseen tarkoitettujen uloskäytävien ovilla ja kulkusuunnan muutospaikoissa. Valaistusvoimakkuuden tulee olla vähintään 5 lx ensiapupisteiden, palosammutuskaluston ja palohälytyspisteiden lähialueella. Lähialueella tarkoitetaan 2m etäisyyttä vaakasuunnassa. Valaistussuhde saa olla enintään 40:1 valoisimman ja pimeimmän alueen välillä. /8/

Poistumisopasteet eivät pelkästään riitä poistumisvalaistukselle asetettujen vaatimusten täyttämiseen. Niiden lisäksi tarvitaan turvalokäytössä oikean valovirran antavia turvalavalaisimia. Avoimella alueella valaistuksen tarkoituksena on estää paniikin syntyminen ja mahdollistaa turvallinen siirtyminen poistumisreitille. Tällaiselle alueelle on vaatimuksena vähintään 0,5 lx:n valaistusvoimakkuus, ja sen tasaisuus tulee olla parempi kuin 40:1. /8/

Riskialttiille alueille vaaditaan huomattavasti enemmän valoa kuin poistumisreiteille ja avoimille alueille. Vaatimuksena on vähintään 15 lx tai 10 % tilan normaalista valaistusvoimakkuudesta ja tasaisuuden tulee olla parempi kuin 10:1. /8/

5. TIETOTEKNISET JÄRJESTELMÄT

Tietotekniset järjestelmät ovat iso osa koulutilojen sähkösuunnittelua. Nykyaikana monissa kouluissa opetuskin voi tapahtua tietotekniikan välityksellä. Tässä työssä käsitellään koulujen antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmää.

5.1. Antennijärjestelmä

Antennijärjestelmät rakennetaan viestintäviraston määräyksen 21 E/2007 M mukaisesti tähtiverkoiksi. Antenniverkko tulee saattaa digikelpoiseksi siten, että verkon kautta on mahdollista välittää digitaaliset tv-palvelut (DVB-T tai DVB-C) kaikkiin antennipisteisiin. /11/

Tähti 800 on nykyisten standardien mukainen tähtiverkko, jonka taajuusalue on 5 - 862 MHz. Verkko kykenee välittämään kaikki omista antennista tai kaapeliverkosta saatavat palvelut. Tähti 2000 verkko on rakenteeltaan samanlainen kuin tähti 800, mutta rakenneosien taajuusalue on 5 - 2150 MHz. Verkko mahdollistaa samat palvelut kuin tähti 800, mutta lisäksi satelliittien välittämien kanavien suorajakelun taajuudella 950 - 2150 MHz. /11/

5.2. Yleiskaapelointijärjestelmä

Yleiskaapelointi on osoittautunut erittäin käyttökelpoiseksi ja kehitykseen hyvin mukautuvaksi kaapelointiperiaatteeksi. Käyttösovellukset ovat laajentuneet liike- ja toimistorakennuksista myös asuin- ja tehdasrakennuksiin, ja sitä on ryhdytty käyttämään tietotekniikan datasiirron lisäksi myös muihin sovelluksiin. Standardisarja EN 50173 käsittää omat standardinsa neljälle eri kiinteistötyypille:

- toimistokiinteistöt EN 50173-2
- teollisuuskiinteistöt EN 50173-3

- kodit EN 50173-4
- datakeskukset EN 50173-5. /12/

Standardi EN 50173-1 on sarjan EN 50173 osille yhteinen standardi, joka määrittää yleiskaapeloinnin yhteiset ja yleiset vaatimukset riippumatta kiinteistötyypistä.

Keskeiset asiat standardissa EN 5017-1 ovat:

- yleiskaapelointijärjestelmien runkokaapeleiden rakenne ja kokoonpano
- kanavien ja siirtolaitteiden suorituskykyä koskevat vaatimukset
- runkokaapeloinnin mallitoteutukset
- rakenneosien suorituskykyä koskevat vaatimukset. /12/

Sarjan EN 50173 standardeissa määritellään kaapeloinnin rakenne, toiminnalliset osat, perusmitoitukset, siirtoteiden ja kanavien suorituskyky sekä kaapeloinnin rakenneosien ominaisuudet ja suorituskyky. Standardit määrittelevät millainen kaapeloinnin tulee perusrakenteeltaan ja suorituskyvyltään olla, mutta eivät sitä miten kaapelointi suunnitellaan, asennetaan, testataan ja dokumentoidaan. /12/

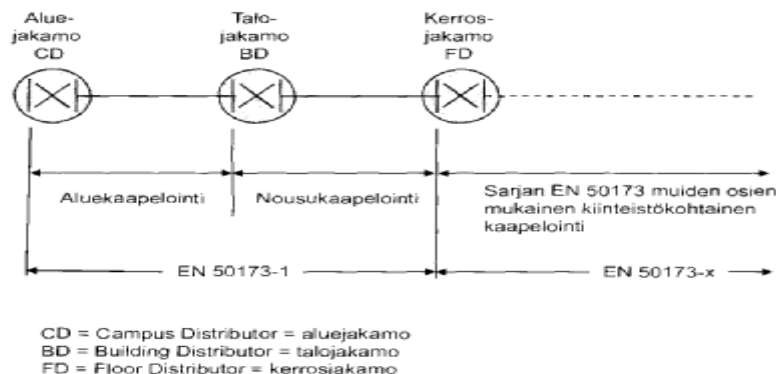
Standardissa EN 50174-1 määritellään kaapeloinnin näkökohdat, joita ovat spesifioinnin vaatimukset, laadunvarmistus, dokumentointi, hallinto sekä korjaus ja ylläpito. Standardissa EN 50174-2 käsitellään kaapeloinnin asennuksen suunnittelua ja asennustapoja sisätiloissa. Tämän standardin keskeinen sisältö käsittää turvallisuusvaatimukset, kaapeloinnin yleiset asennustavat sekä parikaapeloinnin ja optisen kaapeloinnin asennustavat. Standardin EN 50174-3 sisältö noudattaa samoja periaatteita kuin EN 50174-2, mutta se koskee kaapeloinnin asennuksen suunnittelua ja asennustapoja ulkotiloissa. /12/

Asennetun kaapeloinnin testausvaatimuksia ja -menetelmiä määritellään standardissa EN 50346 standardi koskee parikaapelointia sekä optista kaapelointia. Sen keskeiseen sisältöön kuuluvat testauksen yleiset vaatimukset sekä parikaapeloinnin ja optisen kaapeloinnin testiparametrit. /12/

5.2.1. Yleiskaapeloinnin rakenne

Yleiskaapeloinnin kaapelointi on kokoonpanoltaan ja rakenteeltaan pääperiaatteeltaan aina saman mukainen. Kaapelointiin kuuluu aina tietyt toiminnalliset osat, joita ovat jakamot, kaapelit ja liitännäsiat. Kaapelointi voi koostua yhdestä tai useammasta osajärjestelmästä, kuten toimistokiinteistön alue-, nousu- ja kerroskaapelointi. Kunkin jakamon suhteen kaapelointi tulee olla tähtimäinen. Rajapinnat kaapeloinnissa on selvästi määritelty osajärjestelmien välillä ja laiteliitännöjä varten. /12/

Standardi EN 50173-1 määrittää runkokaapeloinnin riippumatta kiinteistötyypistä. Toiminnalliset osat runkokaapeloinnissa ovat aluejakamo, aluekaapeli, talojakamo, nousukaapeli ja kerrosjakamo. Runkokaapeloinnin toiminnalliset osat ja rakenneperiaate ovat esitetty kuvassa 6. Kuvassa katkoviivalla esitetty osa riippuu kiinteistötyypistä. /12/

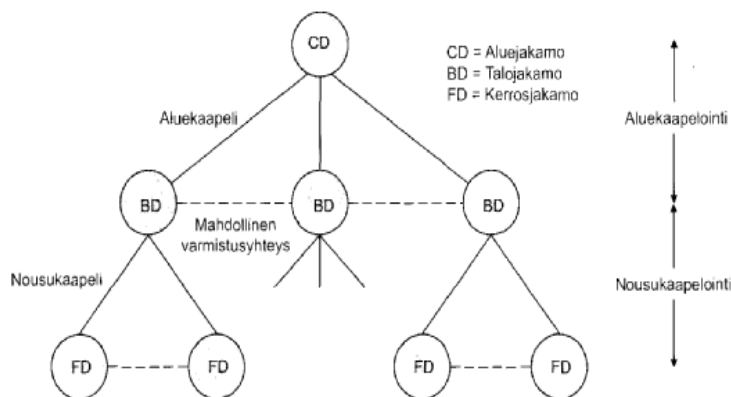


Kuva 6. Runkokaapeloinnin rakenneperiaate sekä toiminnalliset osat. /12/

Aluekaapelointi ulottuu aluejakamosta talojakamoon, joka yleensä sijaitsee eri rakennuksessa. Aluekaapelointiin kuuluvat aluekaapelit ja niiden päätteet alue- ja talojakamoissa sekä mahdolliset ristikytkennät aluejakamoissa. Aluejakamon laitekaapelit eivät kuulu aluekaapelointiin, koska ne ovat sovelluksesta riippuvia. Talojakamot voidaan myös yhdistää suoraan keskenään aluekaapelilla varmistusta varten. Jos kohteessa ei ole talojakamoja, aluekaapelointi ulottuu aluejakamosta kerrosjakamoon. /12/

Nousukaapelointi ulottuu talojakamosta kerrosjakamoon. Kaapelointiin kuuluu nousukaapelit ja niiden päätteet talo- ja kerrosjakamoissa sekä mahdolliset ristikytkenät talojakamossa. Sovelluksesta riippuen talojakamon laitekaapelit eivät kuulu nousukaapelointiin. Varmistukseksi voidaan kerrosjakamot yhdistää keskenään kaapelilla. /12/

Alue- ja nousukaapeleissa käytettävät kaapeleiden perustyytit ovat parikaapeli ja optinen kaapeli. Kuvasta 7 nähdään runkokaapeleiden perusrakenne ja kaapelointitopologia. Perusvaatimus on aina kunkin jakamon suhteen tähtimäinen kaapelointitopologia. Poikittaisten yhteyksien tarkoitus jakamoiden välillä on varmistaa ja lisätä joustavuutta. /12/



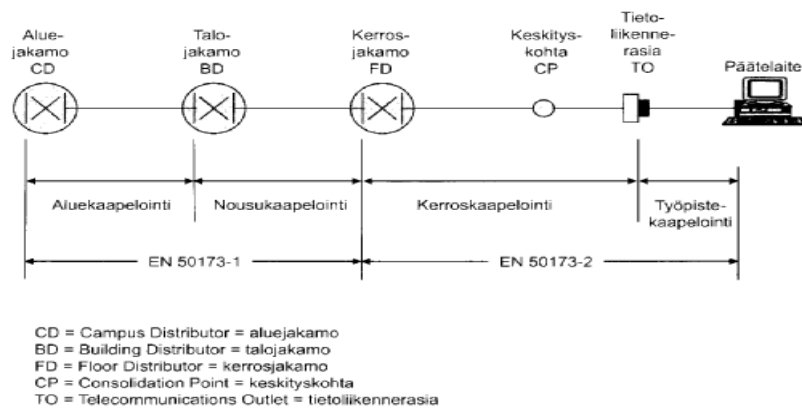
Kuva 7. Runkokaapeloinnin perusrakenne sekä kaapelointitopologia. /12/

5.2.2. Toimistokiinteistöjen yleiskaapelointi

Toimistokiinteistöjen yleiskaapelointi määritellään standardissa EN 50173-2. Toimistokiinteistön rakenne ja toiminnalliset osat on esitetty kuvassa 8. Kaapeloinnin toiminnalliset osat:

- aluejakamo, CD
- aluekaapeli
- talojakamo, BD
- nousukaapeli

- kerrosjakamo, FD
- kerroskaapeli
- keskityskohta, CP
- keskityskohtakaapeli
- tietoliikennesasia, TO. /12/



Kuva 8. Toimistokiinteistön yleiskaapeloinnin rakenneperiaate sekä toiminnalliset osat. /12/

Yleiskaapelointiin kuuluu runkokaapelointi (alue- ja nousukaapelointi) sekä toimistokiinteistölle ominainen kerroskaapelointi. Kaapeleiden perustyyppit kerroskaapeloinnissa ovat parikaapeli ja optinen kaapeli. /12/

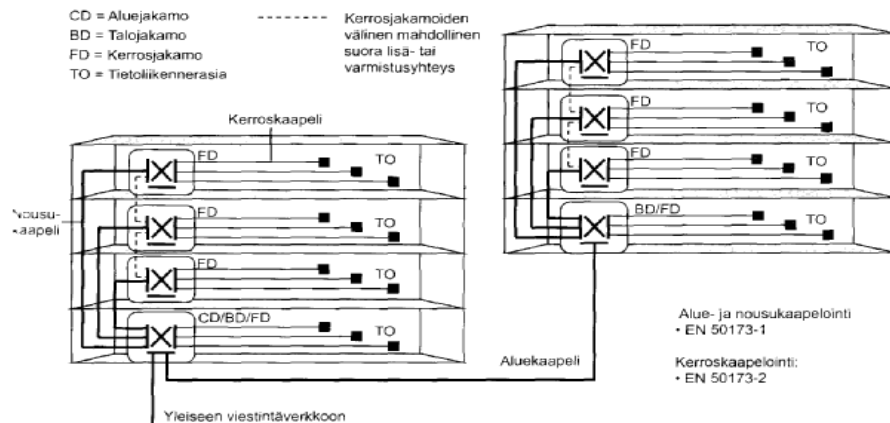
Kerroskaapelointi ulottuu kerrosjakamosta tietoliikennesasioihin. Kerroskaapelointiin kuuluu kerroskaapelit, kerrosjakamoissa olevat kerroskaapelin päätteet ja ristikytkennät sekä tietoliikennesasiat. Kerroskaapeloinnissa on mahdollista olla yksi keskityskohta (CP). Muuten kerroskaapeloinnin tulee olla yhtenäinen kerrosjakamosta tietoliikennesasiaan. Työpistekaapelit eivät kuulu kerroskaapelointiin, koska ovat sovelluksesta riippuvia. /12/

Toimistokiinteistön yleiskaapeloinnissa osajärjestelmien toiminnalliset osat liitetään yhteen siten, että kaapelointi jokaisen jakamon suhteen on tähtimäinen. Lisäksi voidaan asentaa kaapeleita suoraan jakamoiden välille varmistukseksi. Mahdollista on myös

yhdistää nousu- ja kerroskaapelointi siten, että syntyy keskitetty kaapelointi. Keskitetyssä optisessa kaapeloinnissa yhdistetty nousu- ja kerroskaapelointi voidaan toteuttaa yhtenäisellä kaapelilla, jatkoksella kerrosjakamossa tai ristikytkennällä kerrosjakamossa. Parikaapeloinnissa jatkoksia ei saa olla. /12/

Jakamot sijoitetaan niille varattuihin tiloihin tietoliikennehuoneisiin tai laitehuoneisiin. Jakamoiden sijoittelua koskevat vaatimukset esitetään standardissa EN 50174-1. Kaapelit on sijoitettava sisätiloissa johtoteihin, joita ovat johtokanavat, valaisinripustuskiskot ja putket. Ulkokaapelit sijoitetaan maahan tai kaapelikanavaan. Myös tunneleita voidaan käyttää rakennusten välissä. Kun ulkokaapeli tuodaan sisätilaan tarvitaan sisääntuontijärjestelyjä, joihin kuuluu johtotie lähimpään jakamoon ja tarvittaessa jatkos ulkokaapelista sisäkaapeliin. /12/

Kuvassa 9 on toimistokiinteistön yleiskaapelointi esimerkki, kun kiinteistöön kuuluu kaksi rakennusta. Aluejakamon kaapelipäätteet (yleisen verkon kaapeli) on sijoitettu samaan tilaan toisen rakennuksen talojakamon kanssa. Molemmissa rakennuksissa talojakamon yhteydessä on alimman kerroksen kerrosjakamo. /12/



Kuva 9. Toimistokiinteistön yleiskaapelointi esimerkki. /12/

5.2.3. Kaapelit

Yleiskaapeloinnin keskeisempiä ja tärkeimpiä rakenneosia ovat kaapelit. Kaapeleiden rakenteisiin ja materiaaleihin liittyy paljon tärkeitä asioita, jotka vaikuttavat

suorituskykyyn, asennettavuuteen, käyttöikään ja sopivuuteen tiettyä ympäristöä ajatellen. /12/

Symmetrinen kaapeli, joka tunnetaan kansanomaisemmin parikaapelina muodostuu joukosta kierrettyjä, eristettyjä johdinpareja. Kaapeli on varustettu muovivaipalla ja parit ovat yleensä kerrattu yhteen. Puhelinverkossa on aikaisemmin käytetty myös nelikierrekaapeleita, joissa johdinryhmänä oli kahden parin sisältävä nelikierre. Suuret parikaapelit ovat lohkorakenteisia, ja niitä käytetään esimerkiksi puhelinsisäjohtoverkoissa. Parikaapelit voivat olla sähköisesti suojattuja tai suojaamattomia. Kaapelin jokaisella parilla voi olla oma suojansa tai kaapelilla voi olla vain yhteinen suoja. On kuitenkin olemassa kaapeleita, jossa on sekä parisuoja että yhteinen suoja. Parikaapelinkäyttökohteita ovat mm. puhelinverkot, yleiskaapelointi ja sovelluskohtainen datakaapelointi sekä ilmoitin-, valvonta-, äänentoisto- ja automaatiokaapelointi. /12/

Yleiskaapeloinnissa parikaapeleita käytetään laitteiden tasavirtasyötöstä jopa 10 Gbit/s tiedonsiirtonopeuksiin saakka. Signaalin siirto perustuu symmetriaan ja tästä syystä johtuu myös parikaapelin standardinmukainen nimitys symmetrinen kaapeli. Symmetrisessä siirrossa signaalipiirin molemmat johtimet ovat sähköisesti samassa asemassa ympäristöön nähden, joka on yleensä maapotentiaali. Teoriassa symmetrisessä siirrossa päästään sähköisesti häiriöttömään tilanteeseen. Siirrettävä signaali ei altistu häiriölle eikä myöskään itse aiheuta häiriöitä. Epäsymmetrisessä siirrossa johtimet ovat eri asemassa maapotentiaaliin nähden ja järjestelmä on altis häiriöille. Johtimissa on itseisarvoltaan yhtä suuret, mutta vastakkaismerkkiset jännitteet. Sen vuoksi johtimien aiheuttamat sähkökentät kumoavat toisensa. Johtimissa kulkee itseisarvoltaan yhtä suuret, mutta vastakkaissuuntaiset virrat. Sen vuoksi johtimien aiheuttamat magneettikentät kumoavat toisensa. /12/

Koaksiaalikaapelin rakenne muodostuu sisäjohtimesta, sitä ympäröivästä eristeestä, ulkojohtimesta sekä kaapelin muovivaipasta. Ulkojohdin toimii toisena johtimena sekä samalla myös sähköisenä suojana. Koaksiaalikaapeleita käytetään pääsääntöisesti radiotaajuisten signaalien siirtoon. Tärkeimpiin käyttökohteisiin lukeutuu

radioliikenteen antennisyötöt, yhteisantenni- ja kaapelitelevisiojärjestelmät sekä kamerajärjestelmät. Koaksiaalikaapeleiden käyttö on lähiverkkosovelluksissa vähentynyt lähes olemattomiin ja yleiskaapeloinnin standarditkaan eivät tue koaksiaalikaapelin käyttöä ICT -sovelluksissa./12/

Valokaapelin rakenne muodostuu yhdestä tai useammasta valokuiduista. Yleensä kuidut ovat valmistettu lasista, mutta myös muovikuituja käytetään esimerkiksi teollisuuskiinteistöjen kaapeloinnissa. Lasikuidun halkaisija on tyypillisesti vain noin 125 μm . Kuitu on aina päällystetty ensiöpäällysteellä, jonka tyypillinen halkaisija on 250...500 μm . Lisäksi kuitu suojataan vielä toisiöpäällysteellä, joka voi olla tiukka, halkaisijaltaan 900 μm päällyste tai väljä putki, jonka halkaisija 1...3 mm. Valokaapeleita käytetään yleisimmin televerkossa, yleiskaapeloinnissa ja monissa erikoissovelluksissa ja niiden käyttöalue lisääntyy jatkuvasti voimakkaasti. /12/

6. PALOTURVALLISUUSJÄRJESTELMÄT

Paloturvallisuusjärjestelmässä voidaan käyttää joko palovaroitin- tai paloilmoitinjärjestelmää. Palovaroitinjärjestelmän tarkoituksena on varoittaa ihmisiä palosta, kun taas automaattiseksi suunniteltu paloilmoitinjärjestelmä tekee automaattisen ilmoituksen hätäkeskukseen./9/

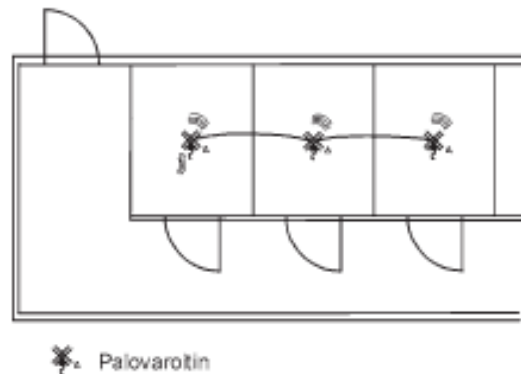
6.1. Palovaroitin

Palovaroitin on savua havaitseva laite, joka toimii ionisaatio- tai optisella periaatteella savunilmaisimena. Yhdistelmäilmaisimessa voi olla myös lämpöilmaisin. Palovaroitin hälyttää äänihälytyksellä. Palovaroittimessa on testauspainike, jolla laitteen toiminta testataan käyttöohjeiden mukaisesti. Suurin valvonta-alue palovaroittimella on 60 m² ja varoittimen ympärillä pitää olla vähintään 50 cm vapaata tilaa joka suuntaan. /9/

Palovaroittimen käytöllä pyritään lisäämään henkilöturvallisuutta etenkin silloin, kun automaattista paloilmoitinta ei käytetä. Varoittimet asennetaan huonetilaan siten, että palovaroitin antaa hälytyksen riittävän aikaisessa vaiheessa huonetilassa oleville. /9/

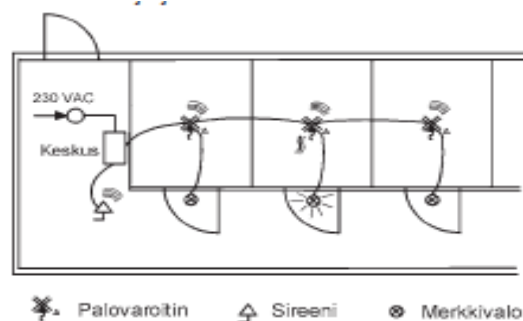
Palovaroitinjärjestelmä voidaan toteuttaa paloilmoitinjärjestelmän komponenteilla, jolloin järjestelmä voidaan helposti muuttaa liitettäväksi aluehälytyskeskukseen ilman että laitteistoja tarvitsee uusia. Palovaroittimen äänihälytys voidaan toteuttaa standardin mukaisilla paloilmoitinjärjestelmän laitteilla käyttäen ilmaisimen kantaan sijoitettua äänihälytintä. /9/

Palovaroittimet voidaan asentaa ryhmään, jossa yhden varoittimen toiminta antaa äänihälytyksen myös muissa palovaroittimissa. Jos palovaroitinryhmää syötetään yhteisellä verkkolaitteella, tulee varoittimissa olla varajänniteparistot. /9/



Kuva 10. Palovarotinryhmä. /9/

Kuvassa 10 palovarotinryhmässä kaksi tai useampia varoittimia on kytketty yhteen välikaapelilla. Yhden varoittimen toiminta aiheuttaa hälytyksen myös muissa palovaroitimissa. Mikäli palovaroitimia syötetään verkkojännitteellä, tulee jokaisessa varoitimessa olla myös oma varajänniteparisto. /9/



Kuva 11. Palovarotinjärjestelmä. /9/

Kuvassa 11 palovarotinjärjestelmä koostuu palovaroitimista tai palovarotinryhmistä ja keskusyksiköstä. Palovaroitimen toimiessa varoitin antaa hälytyksen keskusyksikköön ja tarvittaessa äänihälytyksen myös muihin siihen liitettyihin palovaroitimiin. Keskusyksikön ja varoittimen välinen kaapeli täytyy olla vika- ja oikosulkuvalvottu. /9/

Keskusyksikkö tulee sijoittaa valvottuun tilaan ja siinä täytyy olla äänimerkinantolaitte. Jos keskusyksikössä ei itsessään ole äänimerkinantolaitetta voidaan sellainen sijoittaa ulkopuolelle samaan huonetilaan. /9/

Hälytykset voidaan siirtää keskusyksiköstä rikosilmoitukseen, kiinteistövalvontaan tai hälytyksensiirtolaitteella haluttuihin numeroihin. Hätäkeskukseen palovaroitinjärjestelmää ei voida liittää. /9/

6.2. Ilmaisimet ja painikkeet

Savuilmaisimen toimintaperiaatteena on havaita hiukkaset, jotka vapautuvat palamisessa. /9/

- **Ioni-ilmaisimen (I-ilmaisim)** toiminta perustuu palamisen aikana ilmaan vapautuvien palamistuotteiden aiheuttaman ionisaatiovirran muuttuessa ilmaisimessa.
- **Optisen ilmaisimen (O-ilmaisim)** toiminta perustuu ilmaisimen sisällä tapahtuvaan savun aiheuttamaan valon heijastukseen tai vaimennukseen. /9/

Lämpöilmaisimet toiminta perustuu lämpötilan muutokseen. /9/

- **Differentiaali-maksimaali-ilmaisim (DM-ilmaisim)** toimii, kun lämpötilan nousunopeus ylittää määrätyn arvontai lämpötila nousee hälytysrajan yli.
- **Differentiaali-ilmaisim (D-ilmaisim)** toimii kun tilan lämpötila nousee riittävän nopeasti.
- **Maksimaali-ilmaisim (M-ilmaisim)** toimii kun ilmaisim saavuttaa ilmaisimen ilmasinkohtaisen toimintalämpötila-alueen. /9/

Painikkeilla annetaan paloilmoitus automaattiselle paloilmoittimelle. Painikkeissa voi olla läpinäkyvä suojakansi, joka nostetaan ennen kuin painiketta voidaan painaa. Suojakannen tarkoitus on estää virheelliset ilmoitukset. Uudemmissa painikkeissa on suojakansi lasia, joka rikotaan painamalla. Painikkeen toiminta koestetaan testiavaimen avulla keskuksen tai silmukan toimintaa kokeiltaessa. /9/

Valvottuun palo- osastoon kuuluvat tilat varustetaan paloilmaisimilla. Muita tiloja ovat esimerkiksi:

- välitasot, jotka ylittävät lämpöilmaisimilla 5 m^2 ja savuilmaisimilla 10 m^2
- enintään 4 m etäisyydellä rakennuksesta oleva katettu terassi, jätehuoltotila tai autosuoja
- väestönsuojatilat
- tekniset tilat koosta riippuen
- poikkileikkaukseltaan yli $0,5 \text{ m}^2$ palokuormaa sisältävät kuilut tai kanavat
- pukeutumistilat, jotka liittyvät peseytymistilaan
- osastoidut poistumistiet. /9/

Ilmaisimet on sijoitettava niin, että ne voidaan huoltaa ja merkkivalot tulee olla näkyvissä. Ilmaisimet eivät saa peittyä muiden järjestelmien taakse, kuten esimerkiksi ilmastointikanavien taakse. Ilmaisimet kiinnitetään tilan korkeimpaan kohtaan katon pintaan. Yli 3 metrin tiloissa ilmaisimen saa kiinnittää alas laskettuna savuilmaisimilla enintään 20 % keskimääräisestä huonekorkeudesta ja lämpöilmaisimen enintään 10 % keskimääräisestä huonekorkeudesta kuitenkin enintään 0,5 m. Yhden ilmaisimen valvoma alue on savuilmaisimella enintään 60 m^2 ja lämpöilmaisimella 30 m^2 . /9/

6.3. Hälyttimet

Paloilmoituksen tiedottamiseksi kiinteistöön sijoitetaan valvotulle alueelle hälyttimiä, jotka varoittavat ihmisiä. Hälyttimiä sijoitetaan jokaiseen osaan rakennusta, ja niiden tulee olla selvästi näkyvissä ja kuultavissa. Hälytin on sijoitettava myös ulos mahdollisimman lähelle ilmoitinkeskusta. Sellaisella alueella jossa hälyttimen ääni ei kuulu tarpeeksi laajalle voidaan huomion herättämiseksi käyttää optisia vilkkuja. /9/

7. KULUNVALVONTAJÄRJESTELMÄ

Kulunvalvontajärjestelmän päätarkoituksiin kuuluvat toimitilojen turvallisuus, omaisuuden suojaus, ja luvattoman kulun rajoittaminen. Kaikki kulunvalvonnan tapahtumat tallentuvat muistiin lokitiedostoon myöhempää tarvetta varten. Valvontatietoja siirretään kulunvalvonnasta yleisesti rikosilmoitusjärjestelmään ja sitä kautta vartiointiliikkeeseen. /10/

Keskusyksikkönä kulunvalvonnassa toimii yleensä PC tai palvelin. Sen kautta hallitaan koko järjestelmän toimintaa. Pienissä järjestelmissä keskusyksikkö voi sijaita myös oven elektroniikkayksikössä, jonne järjestelmän tiedot tallentuvat. Nykyiset kulunvalvontajärjestelmät liitetään lähiverkkoon ja käytetään sitä hyväksi yhdistettäessä eri rakennuksia tai paikkakuntia toimivaksi järjestelmäksi. /10/

Kulunvalvonnan tehonsyötön toteutustapa vaihtelee järjestelmäkohtaisesti. Tehonsyöttöä vaativat kohteet ovat keskusyksikkö, keskittimet ja oviympäristö. Keskusyksikön tehonsyöttö täytyy varmentaa siinä tapauksessa, jos sen pitää olla koko ajan yhteydessä oviin. Keskittimien, ovipäätteiden sekä lukkojen toiminta varmistetaan yleensä keskitetyllä akkuvarmistetulla virtalähteellä noin tunnin käyttöä varten. /10/

Mekaaniset avaimet voidaan kulunvalvonnan myötä korvata sähköisellä tunnisteella, jolloin mekaanisia avaimia ei pääosalla enää tarvita. Suurimpia etuja sähköisellä tunnisteella on, että kadonnut kulunvalvontakortti tai -avain voidaan poistaa järjestelmästä ja käyttäjälle voidaan antaa uusi tekemättä muutoksia mihinkään muualle. Toimenpiteen kustannukset ovat vain uuden kulkutunnisteen verran, mikä on todella vähän verrattuna mekaanisten lukkojen sarjoituksen uusimisesta aiheutuviin kustannuksiin. Mekaanisia avaimia tulee jättää käyttöön vain muutama mahdollisten poikkeustilanteiden varalta. Mekaanista avainta voidaan käyttää ulko-oven avaamiseen, mikäli kulunvalvontajärjestelmässä ilmenee vikaa ja huoltomiehen on päästävä sisään korjaamaan vika. /10/

Kiinteistön lukituksen ja lukkojen valinnassa otetaan huomioon Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykset (E1, E2 ja E4), Suomen vakuutusyhtiöiden keskusliiton (SVK:n) suositukset sekä kiinteistölle haluttu turvallisuustaso. /10/

8. RIKOSILMOITINJÄRJESTELMÄ

Rikosilmoitinjärjestelmällä voidaan valvoa esimerkiksi alueita, tiloja ja ovia sekä savua tai kosteutta. Järjestelmä koostuu laitteistosta, jossa keskuslaitteena olevalla prosessipohjaisella keskusyksiköllä sekä siihen liittyvillä erilaisilla ilmaisimilla valvotaan edellä mainittuja asioita. Järjestelmään liittyy käyttö-, ohjaus- ja ohituslaitteita sekä myös hälytinlaitteita. /10/

Suomen vakuutusyhtiöiden keskusliitto SVK on aiemmin luokitellut keskuksat tasoluokkiin A, B ja C sekä langattomiin keskuksiin. Tasoluokat määrittelevät keskuksen antamat ilmoitukset eri toimintatilanteissa, silmukkatyypit ja -määrät. SFS-EN-50131 standardissa on määritelty uudet tasoluokat, joista 1 on alhaisin ja 4 on vaatimustasoltaan korkein luokka. Uudet ja vanhat tasot eivät vastaa toisiaan, mutta karkeasti voidaan sanoa että taso 1 vastaa vanhaa tasoa C, taso 2 vastaa tasoa B ja taso 3 vanhaa tasoa A. /10/

Rikosilmoitinkeskus sisältää varakäyntiakun, joka varmistaa toiminnan sähkökatkokkien varalta. Vakuutusyhtiöiden ohjeiden mukaan akun täytyy kestää 24 tuntia, joka sisältää 5 minuutin hälytysjakson. Korkea lämpötila lyhentää akun käyttöikää, joten keskusta ei saa sijoittaa tilaan jossa lämpötila voi nousta korkeaksi (yli 30 °C). Keskus tulee sijoittaa valvottuun ja turvalliseen tilaan, joka on ulkopuolisilta suojattu. Jos kohteessa on erillinen valvomo, voidaan keskus sijoittaa valvomoon tai erilliseen laitehuoneeseen. /10/

Rikosilmoitinjärjestelmään voidaan liittää erilaisia käyttö- ja ohjauslaitteita. Laitteet on sijoitettava pois sivullisten näköpiiristä, mutta kuitenkin niin, ettei niiden käyttö ole liian hankalaa. /10/

Käyttölaitteella tarkoitetaan laitetta, jolla voidaan suorittaa irtikytkentä- tai ohjaustoimenpiteitä. Yksinkertaisimmillaan käyttölaitteissa on näppäimistö ja muutama merkkiledi. Monipuolisimmissa käyttölaitteissa on lcd-näyttö, jolloin voidaan suorittaa kaikki järjestelmän tarvitsemat ohjelmointi-, käyttö- ja ohjaustoimenpiteet. /10/

Rikosilmoitinjärjestelmää voidaan ohjata esimerkiksi keskuksen aikaohjelmalla tai kulunvalvontajärjestelmällä tai vaikka puhelimella. Järjestelmään voidaan liittää myös erilaisia lisätoimintolaitteita, jolloin järjestelmää voidaan käyttää varoittamaan paitsi luvattomista tunkeilijoista myös muista kiinteistön vaaratilanteista esimerkiksi tulipalosta, vesivahingosta tai lämpötilan laskusta. /10/

8.1. Kuorivalvonta

Kuorivalvonnan tehtävänä on havaita tunkeutuja hänen murtautuessaan rakennuksen ulkokuoren läpi. Tyypillisesti kuorivalvontaa käytetään ikkunoiden ja ovien valvontaan. /10/

Magneettikoskettimia on saatavilla ovi- ja karmirakenteisiin. Pinta-asennettavat koskettimet asennetaan valvotulle puolelle, kuten myös niihin liittyvät kytkentärasiat. Oviin magneettikoskettimet asennetaan karmin yläreunaan siten, että pienikin oven aukaisu aiheuttaa hälytyksen. /10/

Ikkunoihin kiinnitettävät lasinrikkoilmaisimet reagoivat ääneen, joka syntyy kun lasi menee rikki. Kuuntelusäde ilmaisimilla on parin metrin luokkaa. On myös olemassa kattoon tai seinäpintaa asennettavia lasinrikkoilmaisimia, jotka kuuntelevat jotain tiettyä tai useampia taajuuksia. Tavallisesti taajuudet ovat ultraäänialueella. Kuuntelevan lasinrikkoilmaisimen kuuntelualue on yleensä noin muutamia metrejä. /10/

Inertiailmaisin on ikkunan karmiin kiinnitettävä ilmaisin, joka reagoi tärinään. Inertia-analysaattori analysoi sähkösignaalin ja antaa tarvittaessa hälytyksen. Analysaattorin herkkyyttä voidaan säätää, jotta ulkoiset häiriötekijät (esim. liikenne) eivät anna vääriä hälytyksiä. /10/

8.2. Tilavalvonta

Tilavalvonnalla valvotaan kiinteistön sisätiloja. Tilailmaisimet tunnistavat ihmisen kehonlämmön ja liikkeen tilassa. /10/

Käytävien ja huonetilojen valvontaan käytetään pääsääntöisesti passiivista infrapunailmaisinta. Ilmaisimien reagoi liikkeen aiheuttamiin lämpötilavaihteluihin. Tavallisten sisäkäyttöön tarkoitettujen ilmaisimien kantomatkat ovat noin 10-20 metriä ja pitkäkeilaisilla jopa 150 metriä. Ilmaisimien asennuspaikkaa valittaessa on otettava huomioon häiritsevät tekijät, joita ovat: suora auringonvalo, lämpöpatteri, tehokas valaisin tai muu nopean lämpötilamuutoksen aiheuttaja. /10/

Mikroaaltotutka havaitsee liikkeen lähettämänsä ja vastaanottamansa mikroaaltosäteilyn perusteella. Tutka asennetaan siten, että tunkeutujan liike tapahtuu kohti tutkaa. Yhdistelmäilmaisimessa on saman kotelon sisällä infrapuna- ja mikroaaltoilmaisimien tai infrapuna- ja mikroaaltoilmaisimen yhdistelmä. Yhdistelmäilmaisimen hälytys tapahtuu kun molemmat ilmaisimet ovat havainneet kohteen. Tästä johtuen virheellisten hälytyksien määrä on pieni. /10/

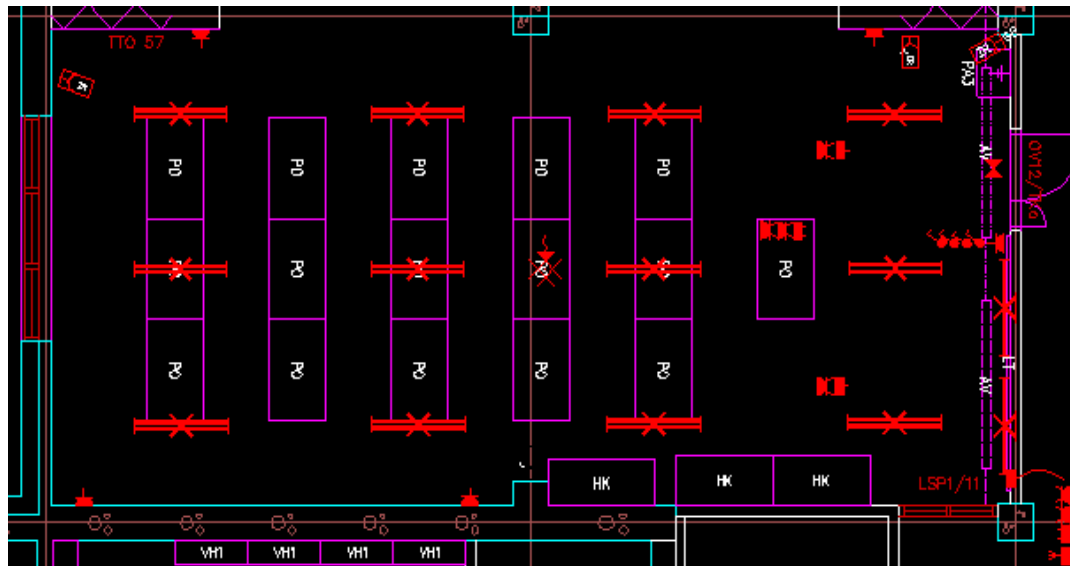
9. KOULUTILOJEN ESIMERKKIRATKAISUT

Koulutilojen esimerkkiratkaisuissa on suunniteltu luokkahuoneen, atk- luokan, toimiston ja käytävän sähköpisteet sekä valaistus. WC:n ja kirjaston osalta suunniteltiin valaistus.

9.1. Luokkahuone

Kuvassa 12 on esitetty luokkahuoneen sähkö-, ja tietotekniset pisteet. Siivousta varten tilaan sijoitetaan yksiosaisia pistorasioita. Videotykkejä varten on kattoon sijoitettu pistorasiat sekä atk- pistorasiat. Luokan etuosaan tulee pistorasiat sekä antenni-, ja atk- pistorasiat.

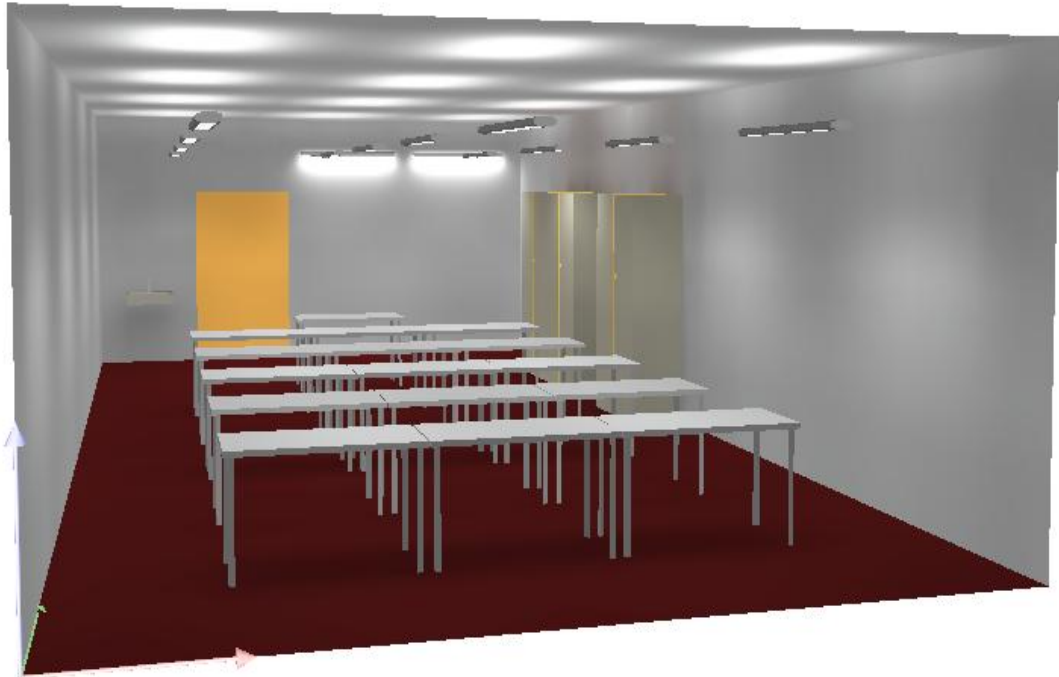
Ioni- ilmaisimien sijoitetaan luokan keskiosaan ja valaistu poistumistiekyltti tulee oven yläpuolelle. Huonetilan valvonta toteutetaan passiivisella infrapuna-ilmaisimella joka on sijoitettu luokan etuosan kulmaan.



Kuva 12. Luokkahuone.

Kuvassa 13 on esitetty luokkahuone kolmiulotteisena. Valaisimet on asetettu kolmeen jonoon ja kussakin jonossa on 4 valaisinta. Luokkahuoneen valaistusvoimakkuuden

suositus on 300 lx päiväopetuksessa ja 500 lx iltaopetuksessa. Valaisinvalmistajat suosittelevat kuitenkin hieman suurempaa valaistusvoimakkuutta. Valaisimina tässä ratkaisussa käytettiin 12 kappaletta Fagerhult DTI type 2 Beta 2xT16 28W, sekä kaksi kappaletta Fagerhult Lento 1xT5 28 W tauluvalaisimia.



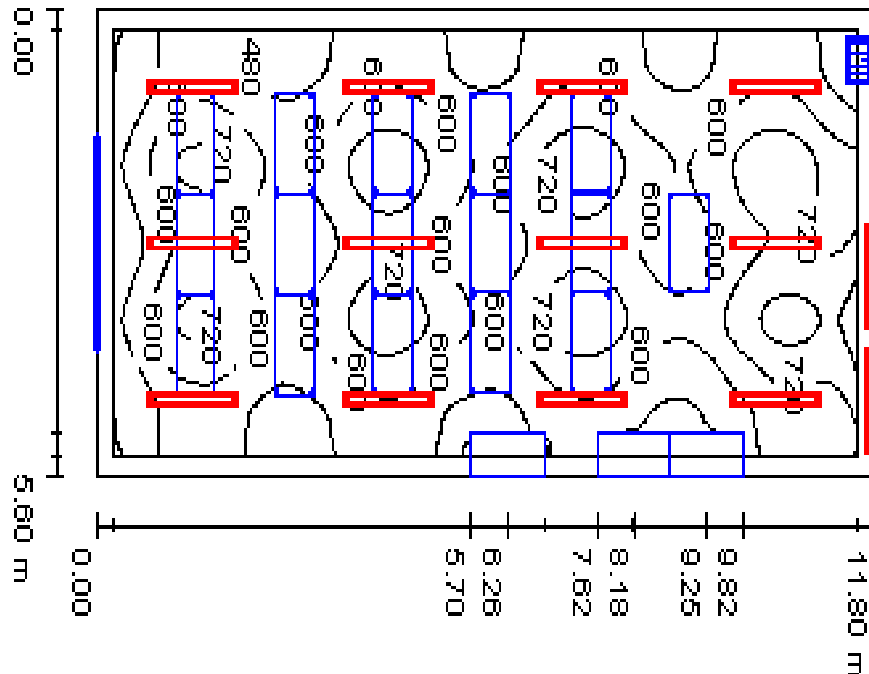
Kuva 13. Luokkahuone kolmiulotteisena.

Kuvasta 14 nähdään tilan valaistusvoimakkuuskäyrät. Tilan keskimääräinen valaistus on työtasoilla 607 lx ja näin ollen ylittää suositusten antaman 300- 500 lx. Valaistusta ohjataan suorapainikeohjauksella neljällä palautusjousella varustetulla 1- kytkimellä. Valaisimet varustetaan vakiovalotunnistimilla sekä tilaan asennetaan

läsnäolotunnistimia

energiankulutuksen

minimoimiseksi.

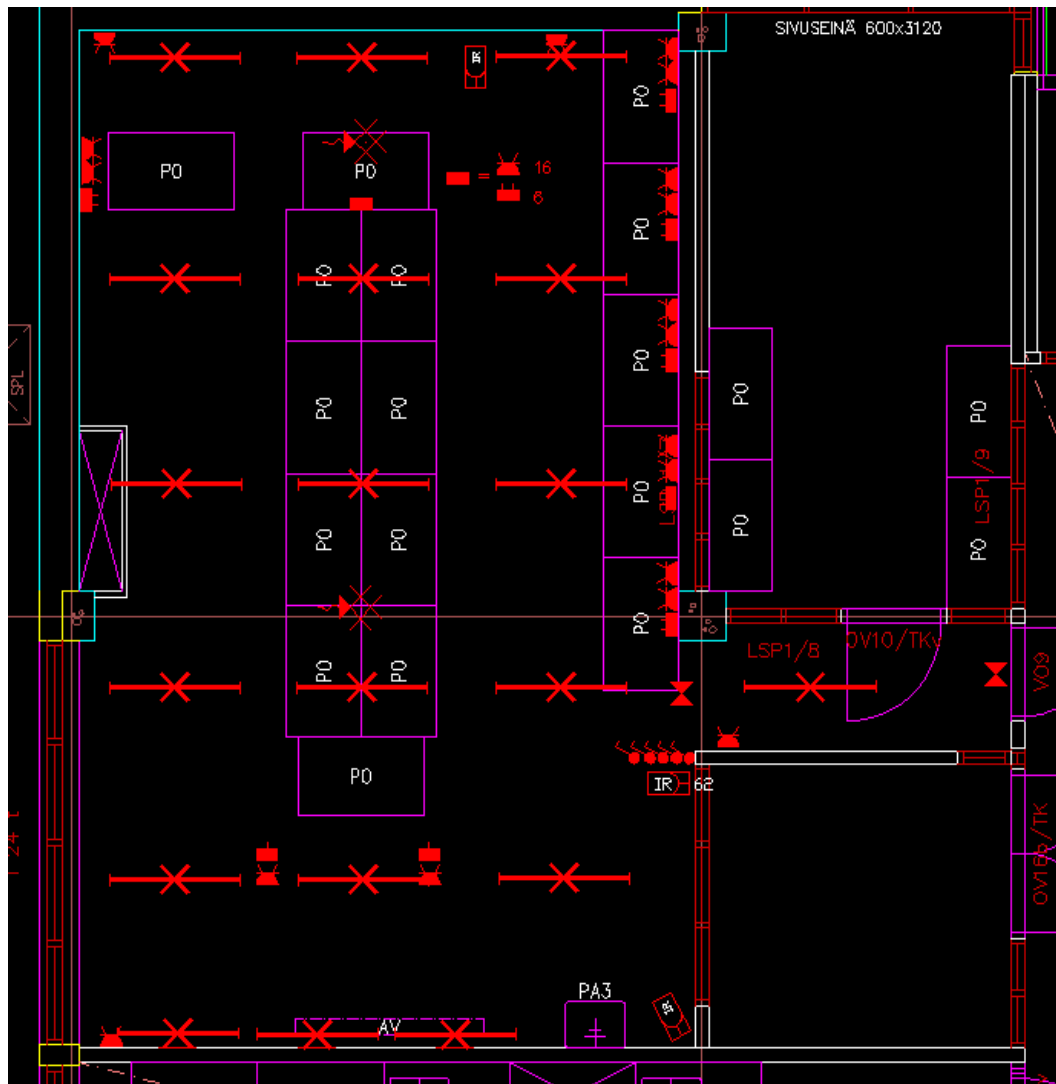


Kuva 14. Luokkahuoneen valaistusvoimakkuuskäyrät.

9.2. ATK- luokka

Kuvassa 15 on esitetty ATK- luokan sähkö-, ja tietotekniset pisteet. Jokaiselle tietokonepisteelle sijoitetaan 2 kaksiosaista pistorasiaa sekä yksi kaksiosainen ATK-pistorasia. Keskiosaan oleville tietokoneille pistorasiat asennetaan katosta tulevalle asennuspalkkiin. Lisäksi videotykeille on kattoon sijoitettu pistorasiat. Siivoukselle on tarvittava määrä pistorasioita sijoitettu tilaan.

Tilaan asennetaan kaksi ioni-ilmaisinta ja poistumisreittikyltit. Tila valvotaan passiivisella infrapunailmaisimella joka on suunnattu ikkunaa kohti.



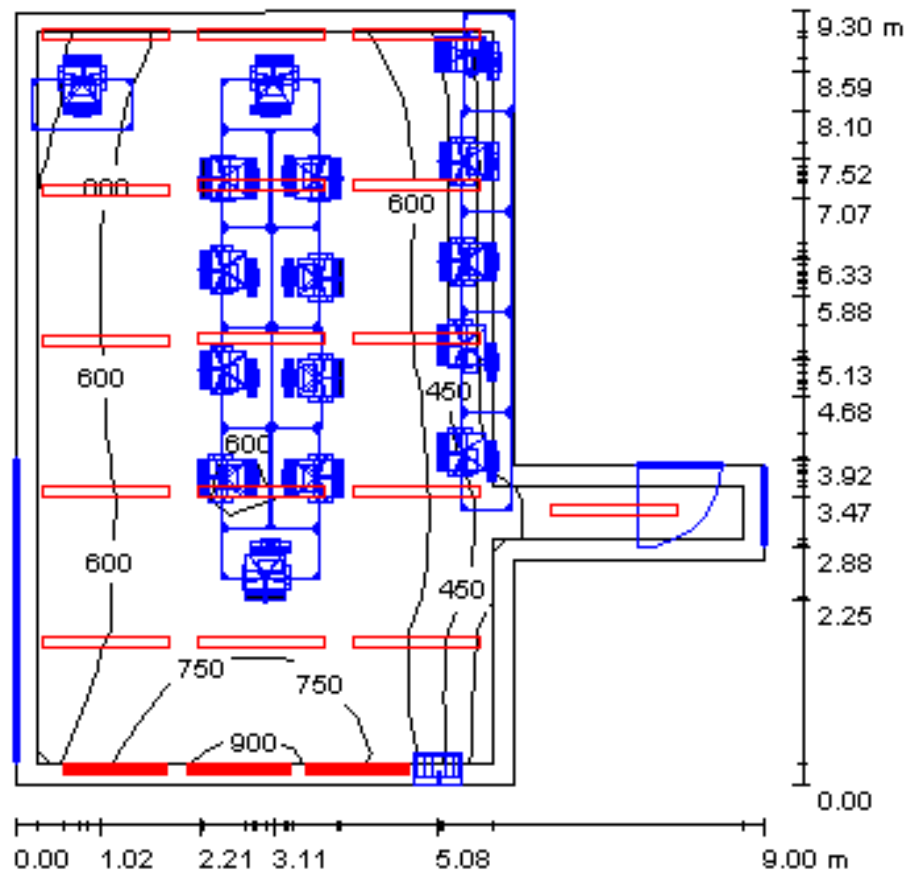
Kuva 15. ATK- luokka.

ATK- luokan valaistusvoimakkuuden suositus on 300- 500 lx, mutta tarkempaa työskentelyä varten suositellaan valaistusvoimakkuudeksi jopa 750 lx. Tässä ratkaisussa on valaisimina käytetty Fagerhult Closs Beta 1xT16 35W sekä tauluvalaisimina Fagerhult Lento 1xT5 28W. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus käyttötasolla on 615 lx. Kuvassa 16 nähdään tila kolmiulotteisena.



Kuva 16. ATK-luokka kolmiulotteisena

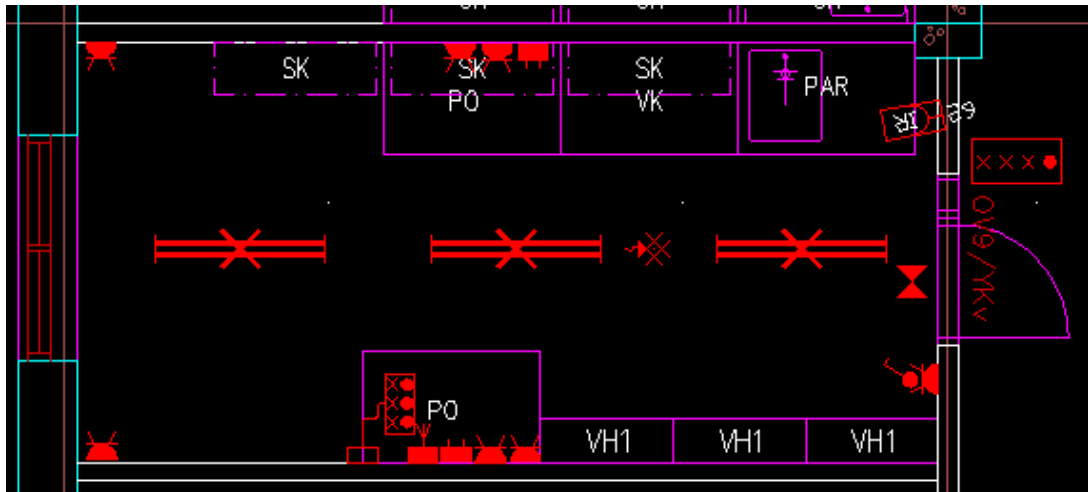
Tilan valaisimiin asennetaan vakiovalotunnistimet sekä myös läsnäolotunnistimet sijoitetaan tilaan energiakulutuksen minimoimiseksi. Sisään tultaessa oleva valaisin varustetaan erikseen läsnäolotunnistimella. Valaistusta ohjataan suorapainikeohjauksella viidellä palautusjousella varustetulla 1- kytkimellä. Tauluvalaisimia ohjataan erillisillä kytkimillä ja luokan etuosan valaisimia ohjataan yhdellä kytkimellä, jotta videotykeille on sopiva valaistus. Luokan loput valaisimet tulevat yhden kytkimen taakse. Kuvassa 17 on esitetty ATK- luokan valaistusvoimakkuuskäyrät.



Kuva 17. ATK- luokan valaistusvoimakkuuskäyrät.

9.3. Toimisto

Kuvassa 18 on esitetty toimiston sähkö-, ja tietotekniset pisteet. Työpöydille on sijoitettu sähkö- ja atk pistorasia sekä antennipistorasia. Siivousta ja mahdollisesti muita laitteita varten on myös tilaan sijoitettu pistorasioita. Tilaan asennetaan ioni-ilmaisim ja poistumisreittikyltti. Tilaa valvotaan passiivisella infrapunailmaisimella joka on suunnattu ikkunaa kohti. Koputusjärjestelmää varten on koputuskojeet työpöydällä sekä ovenpielessä.



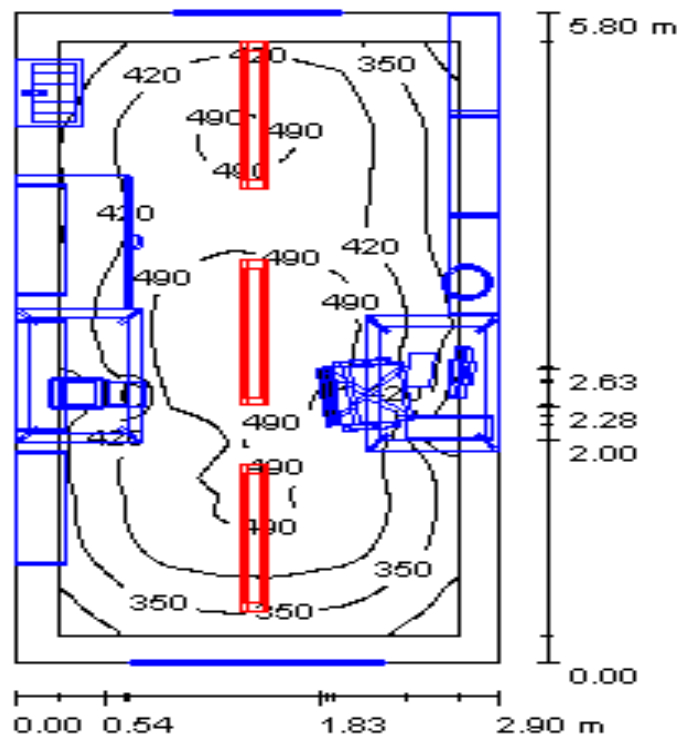
Kuva 18. Toimisto.

Toimiston valaistusvoimakkuuden suositus on 300- 500 lx. Tässä ratkaisussa on käytetty valaisimina kolmea Fagerhult Zora Opal 2xT16 35W. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus käyttötasoilla on 435 lx. Kuvassa 19 on esitetty toimisto kolmiulotteisena.



Kuva 19. Toimisto kolmiulotteisena.

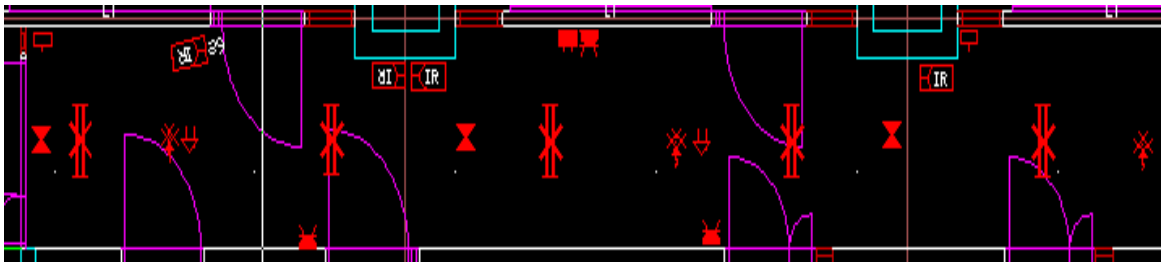
Valaistuksen ohjaus toteutetaan Fagerhultin e-Sence valonsäädöllä. Keskimmäisessä valaisimessa on PIR- anturi joka havaitsee ihmisen lämpösäteilyn. Valaisimissa on sensorit, jotka mittaavat sisään tulevan päivänvalon määrän ja säätävät valaistusta sen mukaan. Valaistusta voidaan säätää valaisimessa olevalla vetokytkimellä tai seinässä olevalla painikkeella. Kuvassa 20 nähdään toimiston valaistusvoimakkuuskäyrät.



Kuva 20. Toimiston valaistusvoimakkuuskäyrät.

9.4. Käytävät

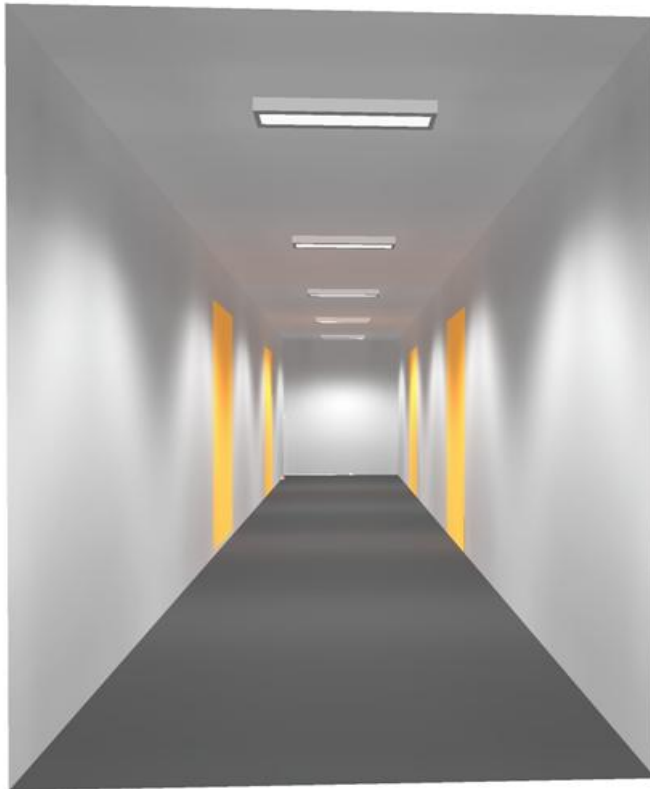
Kuvassa 21 on esitetty käytävän sähkö-, ja tietotekniset pisteet. Siivoukselle on sijoitettu pistorasioita tasaisin välein. Koulun sisäistä tietoliikennettä varten on näyttöpäätteelle sijoitettu sähkö-, ja atk-pistorasia. Ioni- ilmaisimia on tasaisin välein kuin myös valaistuja poistumisreittikylttejä. Ioni- ilmaisimien viereen on sijoitettu sireenit palohälytyksen varalta. Valvontakameroille on yksiosaiset rasiat katon rajassa. Tilaa valvotaan passiivisella infrapuna-ilmaisimella.



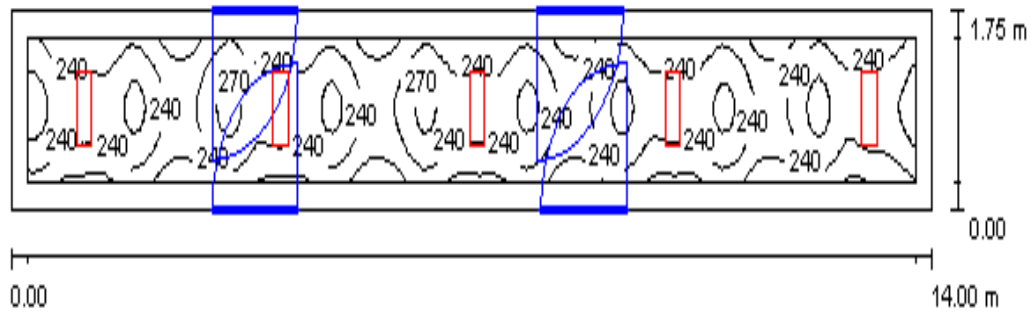
Kuva 21. Käytävä.

Käytäville suositellaan valaistusvoimakkuudeksi 100- 200 lx, sekä seinäpinnoille 75 lx ja kattoon 50 lx. Käytävätilaan sijoitetaan 3 metrin välein Glamox C10-S1 225 214HF LL - 2x14W T5 14W HE valaisin. Keskimääräiseksi valaistusvoimakkuudeksi tulee 241 lx. Kuvasta 22 nähdään valaisimien sijoittelu ja kuvasta 23 valaistusvoimakkuuskäyrät.

Käytävätiloissa käytetään DALI- ohjausjärjestelmää. Käytäville sijoitetaan läsnäolotunnistimia sopivin välein. Päivisin kun käytävässä ei ole liikettä valaistus himmenee 10% tasolle, ja kun läsnäolotunnistin havahtuu valot syttyvät 100% tasolle. Iltaisin valot sammuvat ja toimivat ainoastaan kun läsnäolotunnistimen havahduttua.



Kuva 22. Käytävä kolmiulotteisena.

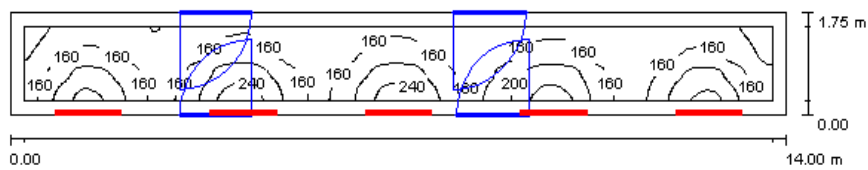


Kuva 23. Käytävän valaistusvoimakkuuskäyrät.

Toisessa käytäväratkaisussa on käytetty Fagerhult Sektor T5 1xT5 28W valaisimia, jotka näkyvät kolmiulotteisena kuvassa 24. Kuvasta 25 nähdään valaistusvoimakkuuskäyrät kyseisellä valaisimella. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus tässä ratkaisussa on 168 lx.



Kuva 24. Käytävä kolmiulotteisena.



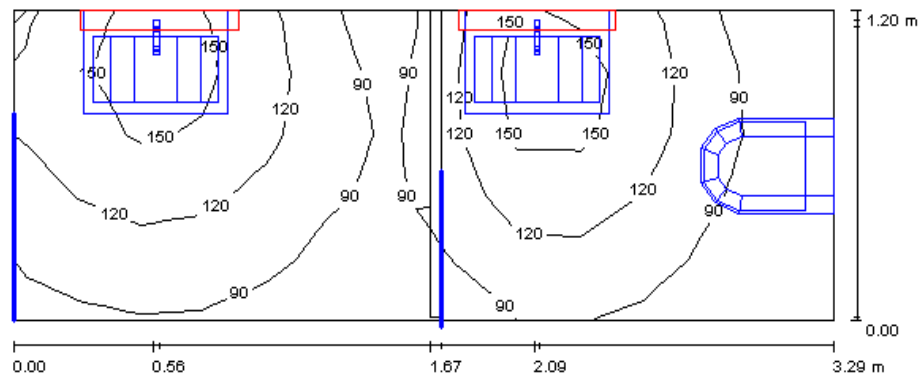
Kuva 25. Käytävän valaistusvoimakkuuskäyrät.

9.5. WC

WC- tilojen valaistusvoimakkuus suositus on 100- 150 lx. Tilaan on sijoitettu kaksi kappaletta peilivalaisimia Glamox A40-W 114 OU - 1x14W T5 14W HE. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus on 112 lx. Valaistuksenohjaus toimii valaisimessa olevalla liiketunnistimella joten muuta ohjausta ei tarvitse. Kuvasta 26 nähdään wc kolmiulotteisena ja kuvasta 27 valaistusvoimakkuuskäyrät.



Kuva 26. WC kolmiulotteisena.



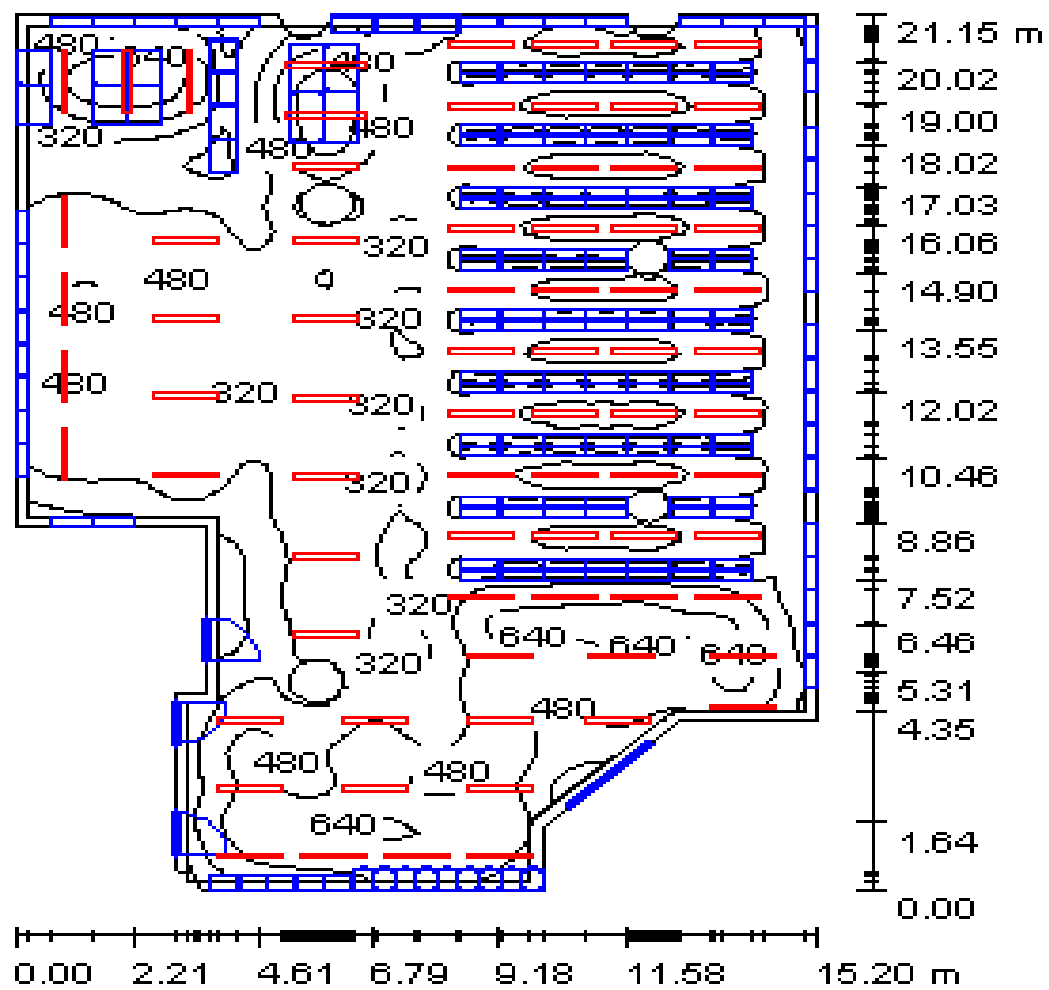
Kuva 27. WC:n valaistusvoimakkuuskäyrät.

9.6. Kirjasto

Kirjaston valaistusvoimakkuuden suositus on 300 lx. Tilaan on sijoitettu 70 kappaletta Fagerhult Closs Beta 1xT16 28W valaisimia sekä 5 kappaletta Fagerhult Closs Beta 1xT16 35W valaisimia. Valaisimilla oli hyvä valonjakokäyrä kirjahyllyjen väliin sijoituksessa. 35 watin valaisimet tulee pöytien päälle ja niissä on vetokytkimet valaistuksen säätöä varten. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus käyttötasolla on 405 lx. Valaistusta ohjataan DALI- valaistuksenohjausjärjestelmällä. Läsäolotunnistimia sijoitetaan tilaan, etteivät valot palaisi turhaan kun paikalla ei ole ketään. Lisäksi painikkeita asennetaan tilaan valaistuksen käsikäyttöä varten. Kuvasta 28 nähdään kirjasto kolmiulotteisena ja kuvasta 29 näkyy valaistusvoimakkuuskäyrät.



Kuva 28. Kirjasto kolmiulotteisena.



Kuva 29. Kirjaston ISOLUX- käyrät.

10. YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli koulutilojen sähköistys painottuen valaistuksen energiatehokkuuteen. Aihe työhön lähti ISS Palvelut Oy:n toimeksiannosta. Työstä muodostui haastava laajan materiaalin vuoksi. Työstä oppi paljon mielenkiintoista valaistustekniikasta ja sähköistyksestä, joita voin varmasti hyödyntää jatkossakin.

Työtä aloin tekemään keräämällä teoriaa aiheesta, jonka jälkeen aloin suunnittelemaan sähköistystä koulun eri tiloihin. Valaistuksen osalta haastavinta oli tutkia eri valaistuksenohjaustapoja, jotka olivat käyttötarkoituksiin soveltuvia sekä energiaa säästäviä. Valaisinvalmistajilta sain hyviä vinkkejä suunnitelmien toteuttamiseen. Materiaalia aiheesta löytyi runsaasti, mutta oli mielestäni haastavaa saada kerättyä kaikki tarpeellinen tieto työhön. Aikataulu venyi juuri runsaan materiaalin vuoksi.

Mielestäni työn lopputulos on onnistunut, ja työn tekeminen on antanut minulle melko hyvän kuvan valaistuksen suunnittelusta sekä energiatehokkaiden järjestelmien valinnoista erilaisiin koulun ympäristöihin.

11. LÄHDELUETTELO

- /1/ Astianpesukoneen energiamerkki, [WWW-dokumentti],
[<http://www.energia.fi/astianpesukoneen-energiamerkki>], 24.9.2011.
- /2/ Energiamerkinnän periaate, [WWW-dokumentti],
[http://www.stek.fi/energia_ja_ymparisto/energian_saastaminen/laitteiden_energiamerkinnaat/fi_FI/energiamerkinnan_periaate/], 19.9.2011.
- /3/ Jokakodin valaistusopas, [PDF- dokumentti], [http://www.lampputieto.fi/midcom-serveattachmentguid1e002a1d8593e2802a111e0b1ef499d80e8a251a251/joka_kodin_valaistusopas_2010.pdf], 29.3.2011.
- /4/ Rakennusten energiatehokkuus määräykset ja ohjeet
2007, [WWW- dokumentti], [http://www.finlex.fi/data/normit/29518-D3_2007.pdf],
4.4.2011.
- /5/ Rakennusten energiatodistukset, [WWW-dokumentti],
[http://www.stek.fi/energia_ja_ymparisto/energian_saastaminen/fi_FI/rakennusten_energiatodistukset/19.9], 7.12.2011.
- /6/ ST kortisto, ST 58.08, Valonlähteiden ominaisuudet, Sähköinfo Oy, 2009.
- /7/ ST-kortisto, ST 58.32 Valaistuksen ohjaus, Sähköinfo Oy, 2004.
- /8/ ST-kortisto, ST 59.10 Turvalaistus ja poistumisopasteet. Suunnittelu, Sähköinfo Oy, 2010.
- /9/ ST-käsikirja 10 Paloilmoitinjärjestelmät, Sähköinfo Oy, 2004
- /10/ ST-käsikirja 11, Kulunvalvonta- ja rikosilmoitinjärjestelmät, Sähkötieto ry, 2007

/11/ ST-käsikirja 12 Antennijärjestelmät, Sähköinfo Oy, 2008.

/12/ ST-käsikirja 16 Yleiskaapelointijärjestelmät, Sähköinfo Oy, 2008

/13/ SVS Valaistushankintojen energiatehokkuus, [PDF-dokumentti],

[http://www.valosto.com/tiedostot/SVS_Valaistushankintojen_energiatehokkuus_V4.pdf], 12.10.2011.

/14/ Sähkö- ja telejärjestelmien suunnitteluohjeet, ST-esimerkit 3, Sähköinfo Oy, 2004.

/15/ Sähköturvallisuuden edistämiskeskus, [WWW- dokumentti],

[http://www.sahkoturva.info/sahkon_kaytto_kotona/valonlahteet_lamput/fi_FI/valonlahteiden_vertailua/], 11.4.2011.

/16/ Valaistus, [WWW-dokumentti],

[http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/valaistus/], 17.8.2011.

/17/ Valaistusta on uusittava, [PDF-dokumentti],

[http://www.motiva.fi/files/2096/Valaistusta_on_uusittava_Tarkeaa_tietoa_kuntien_paatjaille.pdf], 11.12.2012.

/18/ Energiamerkintä, [WWW-dokumentti],

[http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/ostajan_opas/energiamerkinta], 19.9.2011.

/19/ Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi, [WWW-dokumentti],

[http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten_energiatehokkuusdirektiivi], 19.9.2011.

http://www.stek.fi/energia_ja_ymparisto/energian_saastaminen/laitteiden_energiamerkinnaat/fi_FI/energiamerkinnan_periaate/

12. LIITELUETTELO

LIITE 1 Luokkahuoneen valaistus

LIITE 2 ATK- luokan valaistus

LIITE 3 Toimiston valaistus

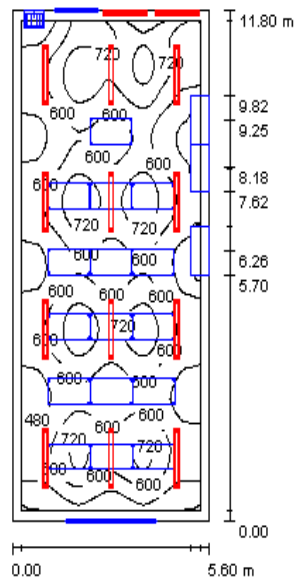
LIITE 4 Käytävän valaistus

LIITE 5 WC:n valaistus

LIITE 6 Kirjaston valaistus

LIITE 7 Luokkahuoneen valaistuksen ohjaustapojen kustannusvertailu

Luokkahuone / Yhteen veto



Tilan korkeus: 2.850 m, Asennuskorkeus: 2.450 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:152

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	607	353	906	0.581
Lattia	20	388	76	708	0.196
Katto	70	473	134	1813	0.283
Seinät (4)	50	270	32	4900	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 100 x 100 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

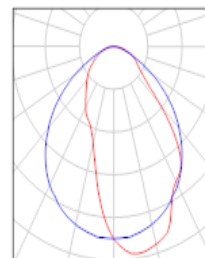
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	2	Fagerhult 19802 Lento 1xT5 28W (1.050)	2600	31.0
2	12	Fagerhult 28822 DTI type 2 Beta 2xT16 28W (1.000)	5200	62.0
Yhteensä:			67600	806.0

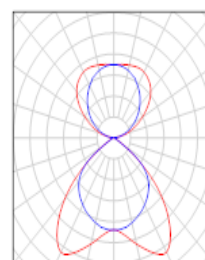
Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $12.20 \text{ W/m}^2 = 2.01 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 66.08 m^2)

Luokkahuone / Luettelo valaisimista

2 Kappale Fagerhult 19802 Lento 1xT5 28W
Tavarnumero: 19802
Valaisimien valovirta: 2600 lm
Valaisimien teho: 31.0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 59 86 97
100 84
Varustus: 1 x T5 (Korjaustekijä 1.050).



12 Kappale Fagerhult 28822 DTI type 2 Beta 2xT16 28W
Tavarnumero: 28822
Valaisimien valovirta: 5200 lm
Valaisimien teho: 62.0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 52
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 63 97 100
52 95
Varustus: 2 x T16 (Korjaustekijä 1.000).



Luokkahuone / Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 67600 lm
 Kokonaisteho: 806.0 W
 Huoltokerroin: 0.80
 Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m²]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	340	267	607	/	/
Lattia	206	182	388	20	25
Katto	335	139	473	70	105
Seinä 1	60	161	221	50	35
Seinä 2	75	158	233	50	37
Seinä 3	208	186	394	50	63
Seinä 4	88	182	271	50	43

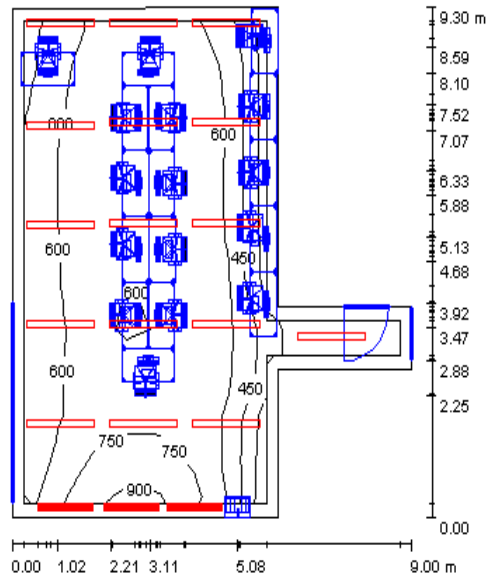
Yhdenmukaisuus käyttötasolla

E_{\min} / E_{\max} : 0.581 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.389 (1:3)

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $12.20 \text{ W/m}^2 = 2.01 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 66.08 m^2)

ATK-luokka / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 3.000 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:120

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	615	188	903	0.307
Lattia	20	398	43	684	0.107
Katto	70	118	50	222	0.426
Seinät (8)	50	215	47	1099	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 11 x 11 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

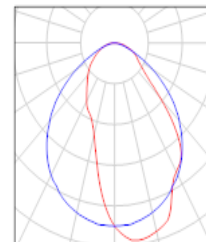
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	3	Fagerhult 19802 Lento 1xT5 28W (1.050)	2600	31.0
2	16	Fagerhult 26607 Closs Beta 1xT16 35W (1.000)	3300	39.0
Yhteensä:			60600	717.0

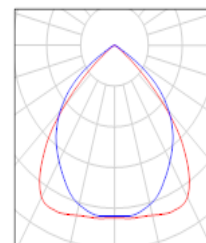
Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $12.09 \text{ W/m}^2 = 1.97 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 59.29 m^2)

ATK-luokka / Luettelo valaisimista

3 Kappale Fagerhult 19802 Lento 1xT5 28W
Tavarnumero: 19802
Valaisimien valovirta: 2600 lm
Valaisimien teho: 31.0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 59 86 97
100 84
Varustus: 1 x T5 (Korjaustekijä 1.050).



16 Kappale Fagerhult 26607 Closs Beta 1xT16 35W
Tavarnumero: 26607
Valaisimien valovirta: 3300 lm
Valaisimien teho: 39.0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 71 98 100
100 85
Varustus: 1 x T16 (Korjaustekijä 1.000).



ATK-luokka / Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 60600 lm
 Kokonaisteho: 717.0 W
 Huoltokerroin: 0.80
 Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m²]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	525	90	615	/	/
Lattia	323	75	398	20	25
Katto	0.00	118	118	70	26
Seinä 1	154	91	246	50	39
Seinä 2	108	89	197	50	31
Seinä 3	90	79	169	50	27
Seinä 4	30	62	92	50	15
Seinä 5	97	76	173	50	27
Seinä 6	83	91	174	50	28
Seinä 7	187	94	282	50	45
Seinä 8	128	96	224	50	36

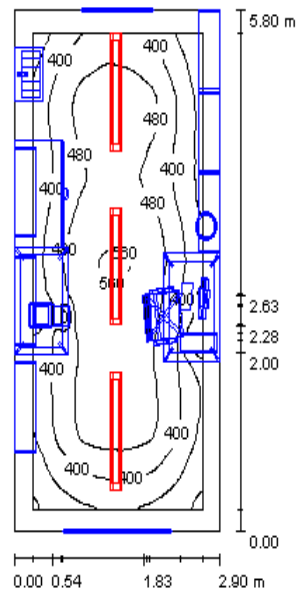
Yhdenmukaisuus käyttötasolla

E_{\min} / E_{\max} : 0.307 (1:3)

E_{\min} / E_{\max} : 0.209 (1:5)

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $12.09 \text{ W/m}^2 = 1.97 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 59.29 m^2)

Toimisto / Yhteen veto



Tilan korkeus: 3.000 m, Asennuskorkeus: 2.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:75

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	435	217	568	0.497
Lattia	20	251	31	358	0.125
Katto	70	333	86	1172	0.257
Seinät (4)	50	138	9.39	434	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 128 x 128 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

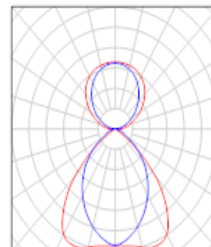
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	3	Fagerhult 28585 Zora Opal 2xT16 28W (1.000)	5200	62.0
Yhteensä:			15600	186.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $11.06 \text{ W/m}^2 = 2.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 16.82 m^2)

Toimisto / Luettelo valaisimista

3 Kappale Fagerhult 28585 Zora Opal 2xT16 28W
Tavarnumero: 28585
Valaisimien valovirta: 5200 lm
Valaisimien teho: 62.0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 54
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 66 93 98
54 85
Varustus: 2 x T16 (Korjaustekijä 1.000).



Toimisto / Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 15600 lm
 Kokonaisteho: 186.0 W
 Huoltokerroin: 0.80
 Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m²]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	296	139	435	/	/
Lattia	154	97	251	20	16
Katto	255	78	333	70	74
Seinä 1	48	98	146	50	23
Seinä 2	40	92	132	50	21
Seinä 3	61	103	164	50	26
Seinä 4	38	90	128	50	20

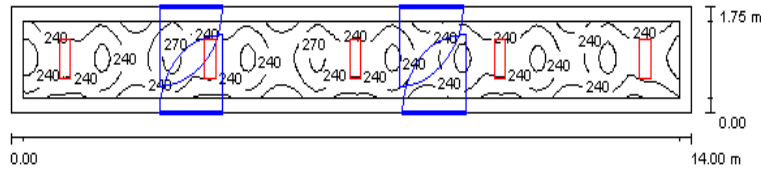
Yhdenmukaisuus käyttötasolla

$E_{min} / E_{m} : 0.497 (1:2)$

$E_{min} / E_{max} : 0.381 (1:3)$

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $11.06 \text{ W/m}^2 = 2.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 16.82 m^2)

Käytävä / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.400 m, Asennuskorkeus: 2.400 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:101

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	241	186	289	0.770
Lattia	20	170	118	218	0.697
Katto	70	39	29	46	0.734
Seinät (4)	50	92	30	279	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 32 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

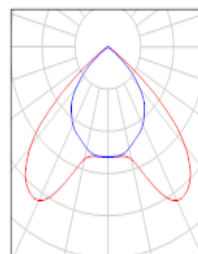
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	5	Glamox C10-S1 225 214HF LL - 2x14W T5 14W HE (1.000)	2400	32.0
Yhteensä:			12000	160.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $6.53 \text{ W/m}^2 = 2.71 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 24.50 m^2)

Käytävä / Luettelo valaisimista

5 Kappale Glamox C10-S1 225 214HF LL - 2x14W T5 14W HE
Tavarnumero:
Valaisimien valovirta: 2400 lm
Valaisimien teho: 32,0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 64 99 100
100 73
Varustus: 2 x Käyttäjän määrittelemä (Korjaustekijä
1.000).



Käytävä / Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvaloviirta: 12000 lm
 Kokonaisteho: 160.0 W
 Huoltokerroin: 0.80
 Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m²]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	202	39	241	/	/
Lattia	125	44	170	20	11
Katto	0.00	39	39	70	8.75
Seinä 1	48	41	89	50	14
Seinä 2	77	42	119	50	19
Seinä 3	50	40	91	50	14
Seinä 4	65	39	104	50	17

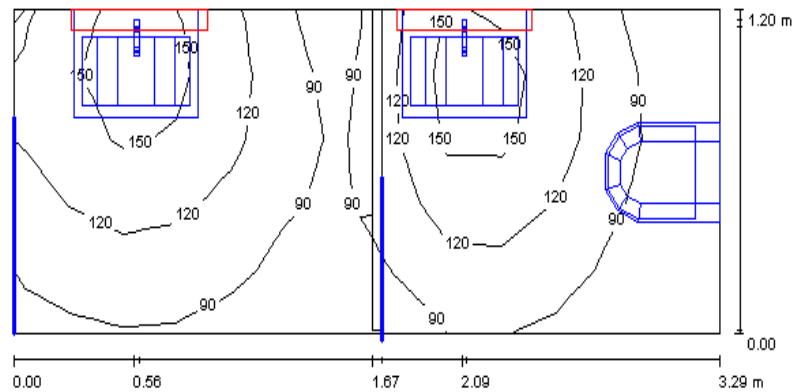
Yhdenmukaisuus käyttötasolla

E_{\min} / E_{\max} : 0.770 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.643 (1:2)

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $6.53 \text{ W/m}^2 = 2.71 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 24.50 m^2)

WC / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 2.250 m, Asennuskorkeus: 1.800 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:24

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	112	63	179	0.558
Lattia	20	44	21	64	0.481
Katto	70	150	35	500	0.231
Seinät (8)	50	89	1.16	890	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 13 x 5 Pisteet
 Reuna-alue: 0.000 m

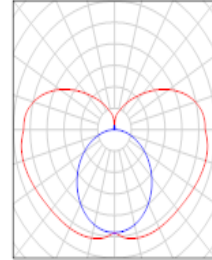
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	2	Glamox A40-W 114 OU - 1x14W T5 14W HE (1.000)	1200	17.0
Yhteensä:			2400	34.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $8.75 \text{ W/m}^2 = 7.88 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 3.89 m^2)

WC / Luettelo valaisimista

2 Kappale Glamox A40-W 114 OU - 1x14W T5 14W HE
 Tavaranumero:
 Valaisimien valovirta: 1200 lm
 Valaisimien teho: 17.0 W
 Valaisinten luokittelu CIE: 67
 Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 30 57 80
 67 74
 Varustus: 1 x Käyttäjän määrittelemä (Korjaustekijä
 1.000).



WC / Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 2400 lm
 Kokonaisteho: 34.0 W
 Huoltokerroin: 0.80
 Reuna-alue: 0.000 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m²]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	50	62	112	/	/
Lattia	13	31	44	20	2.79
Katto	88	61	150	70	33
Seinä 1	34	48	83	50	13
Seinä 2	15	46	60	50	9.61
Seinä 3	52	54	107	50	17
Seinä 4	55	56	110	50	18
Seinä 5	0.00	6.98	6.98	50	1.11
Seinä 6	18	43	61	50	9.70
Seinä 7	51	49	100	50	16
Seinä 8	49	58	108	50	17

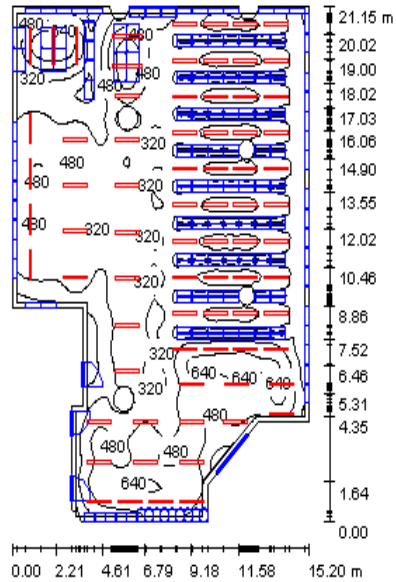
Yhdenmukaisuus käyttötasolla

E_{\min} / E_m : 0.558 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.351 (1:3)

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $8.75 \text{ W/m}^2 = 7.88 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 3.89 m^2)

Kirjasto / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 3.000 m, Asennuskorkeus: 2.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:272

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	405	35	790	0.086
Lattia	20	308	23	616	0.075
Katto	70	108	43	238	0.399
Seinät (13)	50	77	11	795	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 128 x 128 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

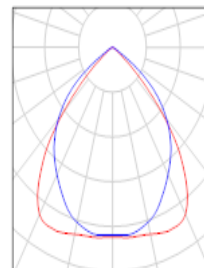
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	70	Fagerhult 26605 Closs Beta 1xT16 28W (1.000)	2600	31.0
2	5	Fagerhult 26607 Closs Beta 1xT16 35W (1.000)	3300	39.0
Yhteensä:			198500	2365.0

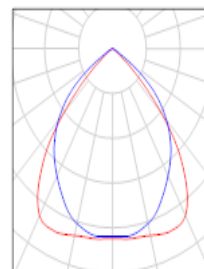
Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $8.61 \text{ W/m}^2 = 2.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 274.77 m^2)

Kirjasto / Luettelo valaisimista

70 Kappale Fagerhult 26605 Closs Beta 1xT16 28W
 Tavarnumero: 26605
 Valaisimien valovirta: 2600 lm
 Valaisimien teho: 31.0 W
 Valaisinten luokittelu CIE: 100
 Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 71 98 100
 100 85
 Varustus: 1 x T16 (Korjaustekijä 1.000).



5 Kappale Fagerhult 26607 Closs Beta 1xT16 35W
 Tavarnumero: 26607
 Valaisimien valovirta: 3300 lm
 Valaisimien teho: 39.0 W
 Valaisinten luokittelu CIE: 100
 Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 71 98 100
 100 85
 Varustus: 1 x T16 (Korjaustekijä 1.000).



Kirjasto / Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 198500 lm
 Kokonaisteho: 2365.0 W
 Huoltokerroin: 0.80
 Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m²]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	358	47	405	/	/
Lattia	255	53	308	20	20
Katto	0.00	108	108	70	24
Seinä 1	45	70	115	50	18
Seinä 2	96	83	180	50	29
Seinä 3	60	78	138	50	22
Seinä 4	112	73	185	50	29
Seinä 5	8.09	46	54	50	8.55
Seinä 6	0.08	48	48	50	7.67
Seinä 6_1	6.39	40	46	50	7.34
Seinä 6_2	0.07	45	45	50	7.11
Seinä 7	21	40	61	50	9.66
Seinä 8	19	36	55	50	8.75
Seinä 9	24	62	86	50	14
Seinä 10	38	60	98	50	16
Seinä 11	48	61	109	50	17

Yhdenmukaisuus käyttötasolla

E_{\min} / E_{\max} : 0.086 (1:12)

E_{\min} / E_{\max} : 0.044 (1:23)

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $8.61 \text{ W/m}^2 = 2.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 274.77 m^2)

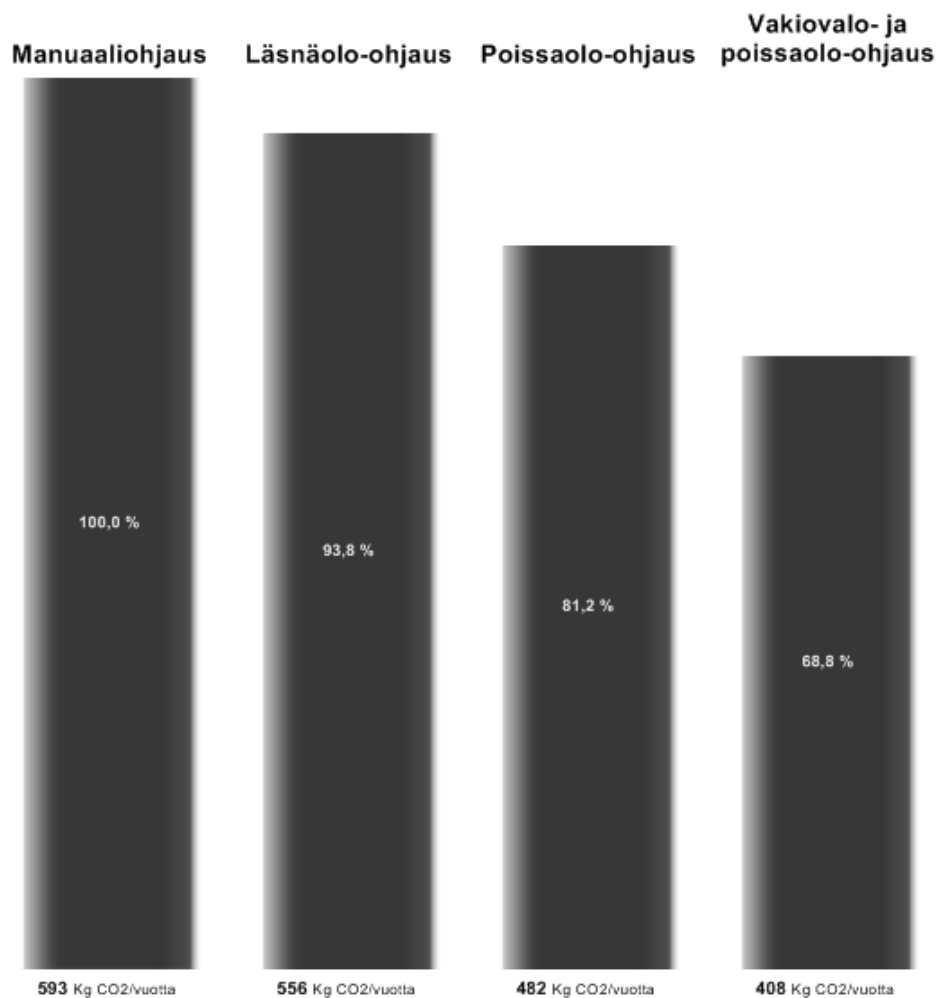
Valaistusratkaisujen kustannusvertailu

Yleiset tiedot	Manuaaliohjaus	Läsnäolo-ohjaus	Poissaolo-ohjaus	Vakiovalo- ja poissaolo-...
Nykyinen valaistusratkaisu (vertailu...)	Valaistusratkaisu puuttuu			
Valaisintyyppien lukumäärä	1	1	1	1
Valaisintyyppi	12 - Fagerhul...	12 - Fagerhul...	12 - Fagerhul...	12 - Fagerhul...
Lampputyyppi	FDH (T16) 2x...	FDH (T16) 2x...	FDH (T16) 2x...	FDH (T16) 2x...
Valaisimien lukumäärä	12	12	12	12
Valonlähteiden kokonaismäärä	24	24	24	24
Investointikustannukset				
Valaisinkustannukset yhteensä (ilm. 2	616 EUR	2 616 EUR	2 616 EUR	2 616 EUR
Valonlähdekustannukset yhteensä	120 EUR	120 EUR	120 EUR	120 EUR
Asennuskustannukset yhteensä	0 EUR	200 EUR	200 EUR	400 EUR
Materiaali- ja työkustannukset yhte...	0 EUR	0 EUR	0 EUR	0 EUR
Investointi	2 736 EUR	2 936 EUR	2 936 EUR	3 136 EUR
Energiakustannukset				
Valaistusratkaisun kokonaisteho	720 W	720 W	720 W	720 W
Keskimääräinen käyttökerroin	80,0 %	75,0 %	65,0 %	55,0 %
Teho yhteensä	576,0 W	540,0 W	468,0 W	396,0 W
Keskimääräinen toiminta-aika	2 000 h/vuotta	2 000 h/vuotta	2 000 h/vuotta	2 000 h/vuotta
Energiankulutus vuodessa	1,2 MWh	1,1 MWh	936,0 kWh	792,0 kWh
Sähkön hinta	0,1 EUR/kWh			
Energiakustannukset vuodessa	115 EUR	108 EUR	94 EUR	79 EUR
Energiakustannusten nykyarvo	4 925 EUR	1 804 EUR	1 564 EUR	1 323 EUR
Valonlähdekustannuk...				
Valonlähteiden kokonaismäärä	24	24	24	24
Valonlähteiden vaihtokustannukset...	240 EUR	240 EUR	240 EUR	240 EUR
Valonlähdekustannusten nykyarvo	365 EUR	365 EUR	365 EUR	365 EUR
Huoltokustannukset				
Huoltokustannukset yhteensä	30 EUR	30 EUR	30 EUR	30 EUR
Huoltokustannusten nykyarvo	147 EUR	147 EUR	147 EUR	147 EUR
Valaistusratkaisun nykyarvo	5 172 EUR	5 252 EUR	5 012 EUR	4 971 EUR
LENI	~17,4 kWh/m2, vuott...	~16,3 kWh/m2, vuott...	~14,2 kWh/m2, vuott...	~12,0 kWh/m2, vuott...

Wattia/pinta-ala ja tilavuus

	Manuaaliohjaus	Läsnäolo-ohjaus	Poissaolo-ohjaus	Vakiovalo- ja poissaolo-oh...
Wattia/pinta-ala				
Valaistusratkaisun kokonaisteho	720 W	720 W	720 W	720 W
Keskimääräinen käyttökerroin	80 %	75 %	65 %	55 %
Teho yhteensä	576 W	540 W	468 W	396 W
Pinta-ala	66,08 m ²	66,08 m ²	66,08 m ²	66,08 m ²
Wattia/pinta-ala	8,72 W/m ²	8,17 W/m ²	7,08 W/m ²	5,99 W/m ²
LENI	~17,43 kWh/m ² , vuotta	16,34 kWh/m ² , vuotta	14,16 kWh/m ² , vuotta	11,99 kWh/m ² , vuotta
Wattia/tilavuus				
Keskimääräinen korkeus	2,45 m	2,45 m	2,45 m	2,45 m
Tilavuus	161,9 m ³	161,9 m ³	161,9 m ³	161,9 m ³
Wattia/tilavuus	3,56 W/m ³	3,34 W/m ³	2,89 W/m ³	2,45 W/m ³

CO₂-muodostus



CO ₂ - muodostus/vuosi	Manuaaliohjau s	Läsnaolo- ohjaus	Poissaolo- ohjaus	Vakiovalo- ja poissaolo-oh...
Energiankulutus vuodessa	1,15 MWh	1,08 MWh	936 kWh	792 kWh
CO ₂ kerroin	0,515 Kg CO ₂ /kWh			
CO ₂ - muodostus/vuosi	593 Kg CO ₂ /vuotta	556 Kg CO ₂ /vuotta	482 Kg CO ₂ /vuotta	408 Kg CO ₂ /vuotta

